Lucrarea prezintă aspecte deosebit de interesante ale străduințelor oamenilor de-a lungul timpului de a păstra la cotele cele mai înalte calitățile mediului ambiant, în paralel cu vertiginoasa cursă a industrializării.

Sînt considerate în special poluările aerului și ale apei și totodată măsurile care se iau pentru prevenirea lor. De asemenea, se au în vedere și alte categorii de alterări ale mediului, precum și tendințele care se manifestă, pe plan național și internațional, pentru a-i face pe pămînteni prieteni ai Terrei.

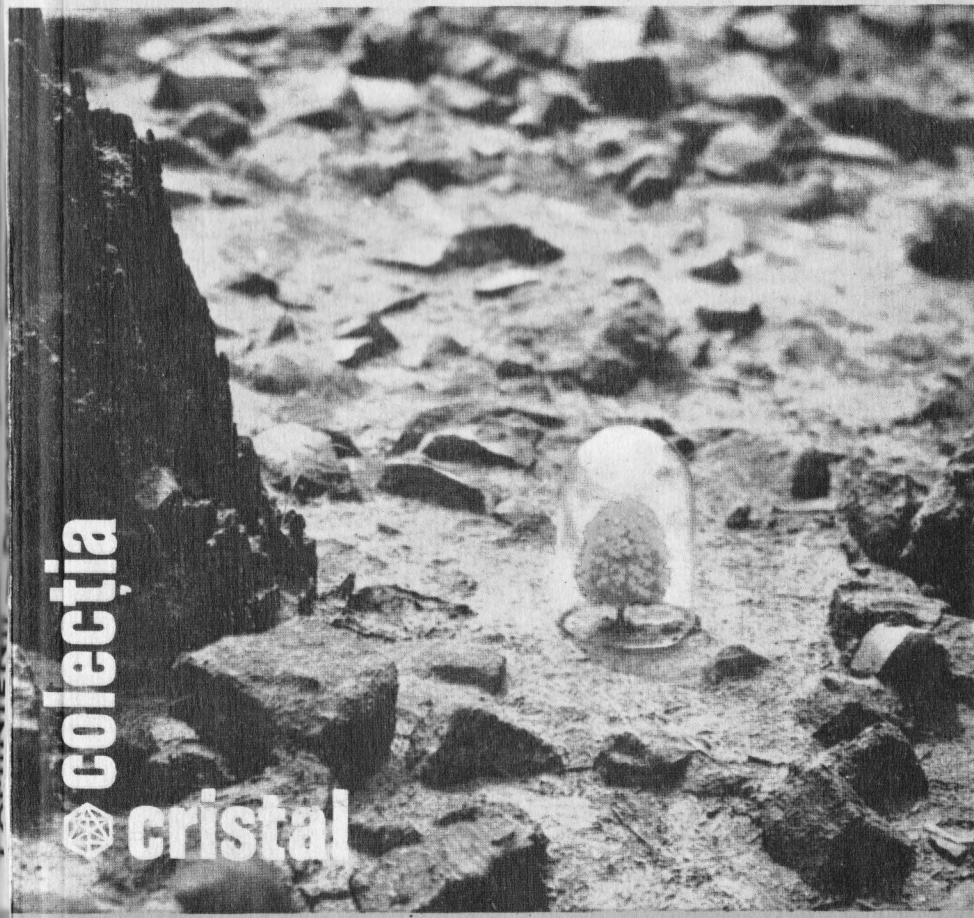
12½ 2½ 1½ 3

colecția

Lei 7,25

CRISTINA MANDRAVEL

MELANIA GUȚUL-VĂLUȚĂ



PĂMÎNTENII — DUȘMANII TERREI?

EDITURA ALBATROS

Cartea PĂMÎNTENII — DUȘMANII TERREI? *se adresează cititorului care dorește să cunoască problemele poluării mediului și efectele sale asupra vieții în general. Autorii prezintă o lucrare corespunzătoare, clară și deosebit de documentată; lucrare de început și de mare importanță pentru cei interesați. Strădania autorilor de a prezenta cititorului aspectele generale ale poluării mediului, implicațiile acesteia precum și unele preocupări de prevenire și combatere a poluării cu substanțe nocive, este o inițiativă pe cît de utilă, pe atît de meritorie.*

Titlul lucrării este cel mai scurt rezumat al cărții. Realitățile zilelor noastre arată că secolul al douăzecilea este perioada celor mai mari descoperiri și transformări ale civilizației omenești, dar și cu cele mai complexe și uneori nebănuite efecte asupra vieții.

Pînă nu demult resursele naturale regenerabile ale Terrei erau suficiente pentru nevoile omenirii. În prezent, ca urmare a exploziei demografice și a dezvoltării fără precedent a tuturor ramurilor de activitate, necesarul de materii prime și energie pentru producția de bunuri a crescut mult, iar exploatarea intensă a resurselor pămîntului relevă, tot mai evident, un dezechilibru ecologic.

Desigur, perfecționarea și modernizarea proceselor tehnologice, utilizînd cele mai noi cuceriri științifice, au redus mult consumurile specifice de materii prime, dar nu și pe cele energetice. Ca urmare a industrializării și creșterii producției de bunuri au sporit mult și materialele poluante ce afectează mediul ambiant.

Tot mai des o parte din materiile prime, intermediare, sau finite, produse deosebit de complexe, se regăsesc în aer, apă și în sol. Ploile acide sînt tot mai dese, ca urmare a prezenței dioxidului de sulf din aer, datorită dezvoltării proceselor termice și a utilizării unor combustibili infe-

riori; sînt evacuate în atmosferă importante cantități de oxizi de azot, oxid de carbon, negru de fum, suspensii solide, săruri și oxizi ai metalelor, antrenate de gazele de ardere, produse cu efecte dăunătoare asupra vegetației în general și, direct sau indirect, asupra omului.

Ca factor de mediu și poate cel mai important, apa este, de regulă, cea mai afectată. De multă vreme, ea nu se mai poate regenera în mod natural, ca urmare a folosinței ei tot mai mari, fiind cel mai ieftin mediu de reacție, de transformări biologice, pentru necesarul de apă a tot ce este viu. Ca urmare a acestei situații, procedeele de regenerare a apei cu recuperarea poluanților, care, de regulă, sînt produse utile, constituie o preocupare tot mai intensă în activitatea unui mare număr de cercetători și specialiști ai domeniului.

Depozitele de deșeuri solide afectează și ele mediul, parte din acestea ajungînd în aer ca emanații, sau spălate de ploi, intră treptat în apele de suprafață sau freatice, cu implicațiile menționate atît de documentat și competent în cartea de față.

Fără a avea pretenția unui material pentru specialiștii domeniului, cartea PĂMÎNTENII — DUȘMANII TERREI? *este totuși un material pertinent și atrăgător pentru cititorul care dorește să cunoască importanța poluării și efectele acesteia, cu scopul sprijinirii mai susținute a programelor țării noastre în acest cincinal și pînă în 2000, de îmbunătățire a factorilor de mediu, a calității vieții și de înfrumusețare a patriei noastre.*

Dr. ing. CORNELIU CRAIU

DIN PARTEA AUTORILOR

Am fost cu toții implicați în ultimii ani în angajarea fermă a țării noastre pe drumul plin de prefaceri al industrializării socialiste. Dar industrializarea semnifică și o enormă solicitare, o alterare a factorilor de mediu, adică poluare.

Politica clarvăzătoare a organelor de partid și de stat a întărit controlul și combaterea poluării mediului înconjurător prin fondurile alocate și o legislație mereu adaptată dezvoltării. Această afirmație poate fi, de exemplu, ilustrată prin dinamica creșterii numărului stațiilor de epurare în acest răstimp. 450 în 1960, 1 000 în 1965, 3 000 în 1980 — apa fiind unul din principalii factori de mediu, consumul de apă pe cap de locuitor reprezentînd un indice al calității vieții.

Au fost create numeroase colective specializate și o serie de institute de cercetare și proiectare care studiază ameliorarea factorilor de mediu.

Prin natura problemei, combaterea poluării impune conlucrarea specialiștilor cu cele mai diverse profiluri: ingineri chimiști, biochimiști, biologi, hidrotehnicieni, medici, economiști, sociologi, politologi. Remarcabilă este conlucrarea realizată, în aceeași etapă, de către specialiștii români cu cei străini în organele de cooperare internațională, în domeniul activității de protecție a mediului înconjurător.

În limba română au apărut lucrări de specialitate originale asupra poluării și combaterii ei sub egida Editurii

Științifice și Enciclopedice, a Editurii Academiei R. S. România, și a Editurii Politice. Este meritul Editurii Albatros de a iniția informarea publicului larg și mai ales a tineretului studios, asupra acestei probleme controversate, devenită o problemă „globală" în acest secol în care s-a declarat și o „criză ambientală". În acest sens, în prezenta lucrare am căutat să arătăm, într-o formă cît mai apropiată de înțelegerea cititorului, care sînt problemele și dificultățile în stăvilirea alterării factorilor de mediu, care sînt premizele stăpînirii dezvoltării în continuare. Printre factorii de mediu sînt considerați acum și factorii sociali. Acest fapt include o marjă însemnată de speranță pentru societatea care-și formează tineretul în spiritul cunoașterii, menajării și apărării mediului înconjurător, un tineret în stare să reziste și unei alte boli a secolului nostru, poluarea sufletului și minții.

I. UNITATEA OM-MEDIU AMBIANT TREBUIE EVALUATĂ LA SCARĂ PLANETARĂ

Omul sălășluiește pe Terra. Și se încumetă să-i modifice aspectul. Omenirea dispune astăzi de forțe uriașe, capabile chiar să schimbe înclinația axei de rotație terestre. Dar și acest spațiu, în care omul „stăpînește", acționează asupra lui. O definiție foarte completă[1] a mediului ambiant arată că prin aceasta se înțelege „ansamblul la un moment dat al agenților fizici, chimici și biologici, ca și al factorilor sociali, susceptibili de a avea un efect direct sau indirect, imediat sau prelungit în timp, asupra ființelor și activităților umane".

Din această definiție se relevă în primul rînd complexitatea problemei, deoarece între factorii de mediu ambiant sînt incluși și factorii sociali.

Există deci o unitate om-mediu ambiant[2] cu caracter foarte complex și dinamic, o unitate indisolubilă, ale cărei implicații profunde omenirea începe să le înțeleagă doar în acest secol.

I.1. Relația om-mediu ambiant de-a lungul istoriei

Omul, ca și alte viețuitoare ale Terrei poate supraviețui doar într-un mediu adecvat, acel înveliș subțire al planetei *ecosfera,* format din sol, apă, aer, scăldat în razele solare, care este propice vieții [1].

Timp de milenii, purtarea omului față de mediul am-

[1] P. Chovin, *Physico-chemie et Physiopathologie des polluants atmospheriques,* Paris, 1972.

[2] Unitatea om—mediu ambiant este demonstrată definitiv de științele biologice și medicale (M. Pădureleanu, *Boli specifice civilizației contemporane,* Editura Științifică, București, 1972).

biant, față de natură în general, a pornit de la recunoașterea umilă a dependenței față de mediul natural, ale cărei legi aspre trebuiau cunoscute pentru a supraviețui.

Triburile de culegători, vînători ajunseseră la o cunoaștere profundă a resurselor de hrană și apă ale habitatelor și nu erau risipitoare cu această avuție. În neolitic, colectivitățile umane, mai numeroase, trec de la condiția de vînător-culegător la cea de cultivator de plante și crescător de animale, manifestînd primele ambiții de a transforma, de a modela peisajul natural. Dependența bogăției recoltelor obținute de condițiile climatice și pedologice a determinat ca dezvoltarea primelor civilizații agrare să fie circumscrisă unor zone de mare fertilitate: Valea Nilului în Africa, cîmpia Tigrului și Eufratului, deltele marilor fluvii Indu, Gange și Huangho din sud-estul Asiei.

De fapt, viața omului nu se deosebea prea mult, în acele timpuri, de modul de existență al altor viețuitoare: reziduurile activităților sale erau ușor integrabile în ciclurile de transformare naturală din factorii de mediu: apă, aer, sol.

În toate civilizațiile care s-au dezvoltat pînă în secolul al XVII-lea, de natură predominant agricolă, „pămîntul era baza economiei, vieții, culturii, structurii familiei și politicii... viața era organizată în jurul satului, economia era descentralizată, astfel că fiecare comunitate producea aproape tot ce-i făcea trebuință" [2]. Energia cheltuită corespundea în esență lucrului forței musculare, umană sau animală, rezervelor de energie solară înmagazinată în păduri, utilizării forței hidraulice a rîurilor sau mareelor, forței eoliene. „Natura reușea pînă la urmă să refacă pădurile tăiate, vîntul care umfla velele, rîurile care puneau în mișcare roțile" [2], deci, sursele de energie utilizate de civilizațiile agricole erau regenerabile.

O dată cu sporirea populației globului, ce a decurs paralel cu perfecționarea organizării sociale și, în special o dată cu dezvoltarea industriei, a transporturilor mecanizate din ultimele două secole, încercarea omului de a domina în lupta aspră cu natura, de a-i smulge lacom bogățiile ascunse, începe să aibă tot mai mult succes. Peste un miliard jumătate din populația actuală a Terrei aparține civilizației industriale.

„Industrialismul a fost mai mult decît coșuri de fabrică și linii de asamblare. A fost un sistem social multilateral și bogat care a influențat fiecare aspect al vieții omenești" [2]. Creșterea economică, enorm accelerată, obținută în acest sistem, se bazează în majoritate nu pe surse regenerabile de energie ci, pe energia cheltuită prin folosirea combustibililor fosili, neregenerabili: cărbuni, țiței, gaze naturale. A. Töfler observă cu sarcasm: „Pentru prima dată o civilizație consumă din capitalul naturii, în loc să trăiască doar din dobînzile pe care le dădea acest capital" [2]. Și, concomitent, problema reziduurilor activităților umane a luat proporții îngrijorătoare, prin acumularea lor provocînd alterarea calității factorilor de mediu. Aceste alterări sînt — printr-un mecanism în lanț — cauza inducerii unor dezechilibre în faună și floră și în sănătatea și bunul mers al colectivităților umane din zonele supraaglomerate, adică se repercutează negativ și implacabil chiar asupra factorilor generatori ai schimbării calității elementelor vitale.

I.2. Poluarea avansată declanșează criza mediului ambiant

Titlul cărții, sub forma unei întrebări retorice, vrea să sugereze inconsistența unei opoziții conștiente între om și mediul său ambiant în actuala stare de dezvoltare a societății umane.

Totuși, această opoziție a existat de-a lungul dezvoltării societății umane, omul dorind să supună și să schimbe natura, mediul ambiant, ostil dorinței sale nestăvilite de confort.

Tocmai cînd prin accelerarea ritmurilor de dezvoltare (bazată, așa cum s-a arătat, pe consumarea resurselor neregenerabile de energie) s-a ajuns în unele țări industrializate la un grad de bunăstare ridicat, se constată practic că apare, cu iminență, amenințarea consecințelor acțiunii umane asupra mediului, poluarea[3] lui la nivel global.

Și, astfel, s-a ajuns ca într-o societate avansată pe scara civilizației ca aceea din S.U.A. — așa cum arată

[3] Termenul *poluare* provine din limba franceză și semnifică a murdări, a altera.

biologul Walter S. Edward — 6% din populația lumii să producă 70% din reziduurile solide ale omenirii; fapte concretizate în observația laconică: „Societatea afluenței a devenit societatea efluenței".

În momentul în care procesele naturale de reciclare chimică și biologică au ajuns supraîncărcate la începutul deceniului 7 (sec. XX) în S.U.A. se declanșează o criză a mediului ambiant.

O mișcare socială cu aceleași idei — privind necesitatea ocrotirii mediului ambiant — cuprinde întreaga Europă.

Omul secolului al XX-lea descoperă necesitatea de a menaja, de a apăra mediul ambiant ca o condiție a propriei supraviețuiri [3, 4] și caută cauzele răului adus mediului.

Deteriorarea mediului ambiant este cauzată de: existența prea multor automobile, avioane cu reacție și nave de mare tonaj, a prea multor fabrici care funcționează după tehnologii vechi, poluante, mari consumatoare de materii prime, apă și energie, fenomene care sînt determinate, în ultimă instanță, de necesități crescînde ale unei populații aflate în stare de explozie demografică și îndeosebi de existența marilor aglomerări urbane (megalopolisuri) [4, 5].

I.3. Cadrul juridic al luptei împotriva poluării

Dacă problemele de ecologie[4] care vizează înțelegerea interdependențelor complexe între viețuitoare și mediul lor ambiant, sînt sedimentate ca disciplină științifică abia la sfîrșitul secolului trecut[5], atenția și grija de a îngrădi

[4] *Termenul ecologie* (în limba greacă *oikos*=habitat, *logos* știință) se aplică peste tot unde este cuprinsă adaptarea organismelor la mediul lor. Ecologia reprezintă unul din aspectele esențiale sub care se cercetează problemele biologice. Apoi, acest termen a intrat în limbajul științelor despre om: geografie umană și sociologie, s-a infiltrat în domeniul chimiei, *ecologia chimică* cuprinzînd reprezentările despre interacțiile chimice în natură etc.

[5] Fundamentarea acestei științe se datorează lui Ernst Haeckel (1834—1919), unul din reprezentanții de seamă ai evoluționismului german, cel care a enunțat legea biogenetică fundamentală sub forma: „Ontogeneza este o scurtă recapitulare a filogenezei" (Jena, 1866).

poluarea mediului ambiant a fost implementată prin diverse norme restrictive și legi cu caracter național, mult mai tîrziu.

Or, din definiția dată mediului ambiant în paragraful I.1. reiese importanța ansamblului factorilor sociali. Deoarece societățile se conduc după legi, are o semnificație deosebită stabilirea unui cadru juridic adecvat atît pentru a preveni, cît și pentru a limita poluarea.

Primul semnal oficial de alarmă reiese din cuvîntarea președintelui Th. Roosevelt[6] la Conferința asupra conservării resurselor naturale din 1908. Aceasta constituie și un indiciu asupra faptului că țările industrializate erau dispuse mai degrabă spre politica de protecție a resurselor de materii prime de pe pămînturile proprii, orientîndu-se spre resursele țărilor subdezvoltate.

La nivel global, preocuparea pentru protecția mediului înconjurător este adusă în discuție organizat în 1 iunie 1972, cînd s-a întrunit la Stockholm prima conferință mondială a Națiunilor Unite pe această temă. Dezbaterile ample s-au concretizat în Declarația conferinței și o serie de principii și recomandări adresate țărilor membre ale O.N.U. În 15 decembrie 1972 s-a creat consiliul de administrație al Programului Națiunilor Unite pentru mediul înconjurător la care participă și România. Sub egida acestui program s-a trecut, și cu contribuția materială a următoarelor organisme ale O.N.U.: UNESCO[7], FAO[8], PNUD[9], OMN[10], ACEA[11], la elaborarea unor proiecte pentru stu-

[6] Theodore Roosevelt (1858—1919), om politic american, senator și apoi președinte al S.U.A. înaintea primului război mondial, cunoscut prin ideile sale progresiste privind necesitatea conservării resurselor naturale și protejării factorilor de mediu.

[7] Organizația Națiunilor Unite pentru educație, știință și cooperare.

[8] Organizația pentru alimentație și agricultură.

[9] Programul Națiunilor Unite pentru dezvoltare.

[10] Organizația Mondială pentru natalitate.

[11] Agenția Europeană pentru controlul aerului.

dierea diferitelor zone ale globului din punct de vedere al realizării sistemelor de supraveghere pe plan național, regional, internațional, a gradului de poluare, de menținere a echilibrului între ecosisteme. S-au stabilit ca prioritare problemele privind poluarea oceanului planetar, a apelor litorale, problemele legate de defrișarea pădurilor și degradarea solurilor prin eroziune.

În țara noastră problemele legate de protecția mediului s-au bucurat de o legislație judicioasă, mereu perfecționată, nefiind rezultatul unei preocupări de conjunctură declanșate de criza mediului [6].

O serie de savanți începînd cu Emil Racoviță, Grigore Antipa, Andrei Popovici-Bîznoșanu, Alexandru Borza, Iuliu Prodan, Ion Borcea, Emil Popa, Ion Simionescu, Valeriu Pușcașu, Nicolae Săvulescu au atras atenția asupra bogățiilor naturale și diversității fenomenelor geologice din cuprinsul țării noastre, asupra necesității ocrotirii lor [7—9].

Prima lege pentru ocrotirea naturii, apărută în 1930, a permis declararea unui număr de 36 monumente ale naturii pînă în 1943, printre care rezervația cea mai mare a țării Delta Dunării și Parcul Național Retezat. Astfel profesorul Alexandru Borza, directorul Grădinii Botanice din Cluj, arăta la primul Congres al naturaliștilor din România, ținut la Cluj în 1928, care este menirea unui parc național: „refugiu pentru natură: plante, animale și monumente geologice și în același timp o minunată școală de învățătură, cercetări naturaliste, dragoste pentru natură și patriotism adevărat, ca și loc de recreație și distracție pentru popor" [7].

În 1950, în condițiile noi create după al doilea război mondial și după preluarea puterii de către popor, apare și o lege nouă privind ocrotirea naturii prin care monumentele naturii — bunuri ale poporului — sînt trecute sub pavăza Academiei R. S. România.

Statul nostru adoptă sistematic o serie de reglementări în această direcție a protecției calității factorilor de mediu: codul Silvic (1962), H.C.M. 518/1964 privind ocrotirea naturii, Decretul nr. 974/1975 privind Inspectoratul Sanitar de Stat, H.C.M. 969/1967 privind amplasarea și proiectarea întreprinderilor industriale și a celor zootehnice, Decretul 1059/1967 privind protecția surselor de apă potabilă, legea 12/1968 privind apărarea și conservarea

terenurilor agricole și, respectiv, a pădurilor, legea nr. 12/1972 și legea 8/1974 privind gospodărirea apelor.

Pentru aplicarea în mod unitar a ansamblului de măsuri privind asigurarea calității factorilor de mediu la 20 iunie 1973, M.A.N. aprobă legea Protecției mediului înconjurător.

Factorii răspunzători de activitățile economice și sociale sînt obligați, în baza acestei legi, să folosească rațional resursele naturale, să coreleze activitatea de sistematizare a teritoriului și localităților urbane și rurale (activitate încadrată în legea 58/1974) cu măsurile de protecție a mediului înconjurător. Aceasta implică adoptarea în viitor a unor tehnologii de producție nepoluante și echiparea instalațiilor tehnologice și de transport existente, cu dispozitive și instalații suplimentare eficiente, care să reducă efectele distructive asupra calității mediului.

În baza decretului 80/1974 în țara noastră a luat ființă Consiliul Național pentru Protecția Mediului Înconjurător, organ de specialitate subordonat Consiliului de Miniștri, cu sarcina de a coordona activitatea complexă de protecție a mediului.

La nivelul județelor și municipiului București această sarcină revine Consiliilor județene pentru protecția mediului înconjurător, dublu subordonate Consiliului Național și Consiliilor Populare județene.

Cercetarea științifică pentru ameliorarea factorilor de mediu se desfășoară susținut, conform unor programe elaborate pe ramuri industriale. La nivel național sînt în curs de desfășurare programe naționale privind gospodărirea rațională a resurselor de apă, extinderea lucrărilor de îndiguiri și desecări și combaterea eroziunii solului pe perioada actualului cincinal și în perspectivă pînă în anul 2000 și Programul general pentru organizarea și dezvoltarea activității de sistematizare a teritoriului și localităților. Din acestea reiese că problemele protecției mediului sînt tratate la noi în mod judicios și concertat, luînd în considerare variatele interconexiuni posibile. Cu toate aceste eforturi la nivel național, pentru că menținerea și ameliorarea calității mediului înconjurător este o problemă globală, ea necesită pentru găsirea soluțiilor optime o strînsă colaborare și cooperare internațională. România este direct interesată să participe activ la acest proces de cooperare internațională și să beneficieze, ca țară în curs de dezvoltare, de programele O.N.U. în domeniul mediului înconjurător. În același timp România și-a extins acti-

vitățile de cooperare cu alte țări, îndeosebi pe plan științific, în domeniul protecției mediului înconjurător.

Astăzi se impune în mod deosebit ideea că degradarea mediului înconjurător nu este numai o problemă națională ci, concomitent, o problemă globală, datorită interdependențelor multiple din mediul înconjurător [2, 10, 11].

Spiritul de prevedere al distrugerilor și pierderilor posibile pentru întregul Pămînt, dacă se continuă dezvoltarea economică în același spirit ca înaintea izbucnirii crizei mediului, trebuie dezvoltat la nivelul persoanelor componente ale organismelor de cooperare internațională [11] sau de decizie pe plan național sau local, dar și la nivelul unui simplu cetățean.[12] Acasă, la locul de muncă, pe stradă sau în vilegiatură, omul simplu trebuie să manifeste grijă și prevedere față de urmările păgubitoare ale acțiunilor sale pentru calitatea mediului ambiant.

De aceea, noțiuni asupra cauzelor poluării mediului înconjurător, asupra măsurilor necesare pentru îngrădirea poluării au fost introduse în manualele de liceu și ocupă un loc crescînd în materialele răspîndite de diversele mijloace de informare.

Mecanismele proceselor care provoacă alterarea factorilor de mediu sînt complexe; înțelegerea lor — necesară pentru a preveni avansarea poluării — constituie preocuparea specialiștilor.

Cartea de față, credem, are menirea de a oferi pe înțelesul publicului larg informații și răspunsuri la problemele privind stadiul poluării și metodele de luptă contra acestui mare flagel al omenirii.

[12] În Codul principiilor și normelor muncii și vieții comuniștilor, al eticii și echității socialiste, articolul 9, se stipulează o înaltă îndatorire a comuniștilor „să lupte hotărît împotriva degradării mediului înconjurător".

II. AER RESPIRABIL — PENTRU CÎT TIMP?

Atmosfera înconjoară Pămîntul asemeni unei imense calote, de grosime medie egală cu aproape jumătate din raza globului terestru și masă ($3{,}5—5{,}15 \cdot 10^{15}$ t) egală cu a milioana parte din masa lui. Străbătînd această calotă dinspre zona de interfață scoarță pămîntească-atmosferă spre periferia atmosferei se poate constata [12] descreșterea sistematică a densității aerului, deci o *stratificare* (stratul cel mai apropiat de Pămînt numit troposferă are o întindere de 14—18 km), dar și *mobilitatea* aerului care asigură o amestecare, între anumite limite, între straturi. Această proprietate devine foarte importantă, mai ales în troposferă pentru că determină diluția poluanților.

Compoziția amestecului gazos, pe care-l numim aer, este azi bine cunoscută: 78% azot, 21% oxigen. În numai 1% sînt cuprinse gazele rare (heliu, neon, argon, krypton, xenon și radon) și dioxidul de carbon (0,03%).

Aerul este saturat cu vapori de apă, concentrația acestora variind între 0 și 4%. De fapt, stabilirea compoziției aerului[1] este oglinda drumului sinuos spre cunoaștere.

Filozoful grec Anaximene (585—525 î.e.n.) a presupus că aerul este un element fundamental din care se formează corpurile compuse. Aristotel (384—322 î.e.n.) socotea că aerul este unul din cele patru principii fundamentale ale lumii înconjurătoare, întrunind două calități de bază: umiditate și căldură. Tot din antichitate se sesizase analogia între procesele de ardere și respirație.

La sfîrșitul secolului al XVIII-lea, în plină perioadă de

[1] V. A. Krițman, *Kniga dlia citenia po neorganiceskoi himii*, Provsveșcenie, Moskva, 1983.

dominație a teoriei flogisticului[2], K. Scheele (1742—1786) scria: „cercetarea aerului este, în acest moment, cea mai importantă problemă a chimiei. Acest fluid elastic are multe calități, studiul cărora favorizează noi descoperiri".

Cercetările și încercările de a separa acea misterioasă substanță *flogiston* au dus la descoperirea multor gaze, începîndu-se studii sistematice de compoziția aerului. Astfel J. Priestley și K. Scheele, practic în aceeași perioadă (1774), descoperă oxigenul (primul din descompunerea oxidului roșu de mercur, al doilea din descompunerea salpetrului), substanța din aer care întreține arderea și respirația animalelor. „Dar ce m-a uimit mai mult — scrie J. Priestley — este că lumînarea ardea în acest aer cu o flacără minunat de strălucitoare".

În 1770 G. Cavendish trece un curent de aer peste cărbune înroșit și separă un gaz care corespundea la $\sim 4/5$ din volumul de aer utilizat, era mai ușor decît acesta și nu întreținea arderea.

D. Rutherford (1772) a observat că șoarecele lăsat într-un spațiu închis, în aer atmosferic, se sufocă după ce consumă 1/16 din volumul inițial, iar aerul rămas nu întreține arderea.

În 1787 A. Lavoisier, care reia experimentul lui G. Cavendish și D. Rutherford, numește gazul respectiv azot (nu întreține viața). Tot A. Lavoisier are meritul că inițiind experimentul invers celui al lui J. Priestley

$$\text{mercur} + \text{aer} \longrightarrow \text{oxid roșu de mercur}$$

reușește să arate inconsistența teoriei flogistice și să dea o nouă schemă procesului de ardere:

$$\underset{\text{(din aer)}}{\text{Corpul care arde} + \text{oxigen}} \longrightarrow \underset{\text{(pământ ars)}}{\text{oxid}}$$

în acord cu măsurătorile cantitative, în lucrarea *Analiza aerului atmosferic, sinteză și descompunere*. Deși mijloacele de cercetare folosite în acea vreme (retorte, mensuri, balanțe) erau rudimentare în experimentele sistematice, întreprinse de G. Cavendish în 1785, pentru a separa cele două componente principale ale aerului, oxigenul și azotul, totdeauna rămînea 1/120 din volumul inițial de gaz, care nu putea fi îndepărtat. Această cantitate de aer, care nu putea fi descompus, nu se datora erorilor experimentale, ci reprezenta acel procent, în volume, corespunzător gazelor rare, care vor fi puse în evidență doar peste 110 ani! Între 1894—1920, cînd tehnicile de laborator s-au rafinat, au fost descoperite argonul, heliul, neonul, kriptonul, xenonul și radonul (singurul gaz radioactiv), toate avînd moleculă monoatomică.

De remarcat că descoperirea, de către J. Rayleigh și W. Ramsay (1894), a argonului, primul izolat din seria acestor elemente, care se dovedeau foarte puțin active chimic (încît au fost denumite gaze inerte/sau nobile) a fost un eveniment științific de mare răsunet. Pentru a argumenta această afirmație este de reținut că la distanță de un an, în cartea lui H. Wells *Războiul lumilor* se poate regăsi ecoul acestei descoperiri în literatura științifico-fantastică a vremii: după înfrîngerea năvălitorilor marțieni savanții de pe pămînt încep să studieze un praf negru, singura rămășiță de la extratereștri. Numeroasele încercări ale chimiștilor, soldate cu explozii îngrozitoare, stabilesc că praful respectiv reprezintă combinația argonului cu un element necunoscut pe pămînt!

Descoperirea gazelor inerte, a determinat în știința chimică o restructurare a sistemului periodic al elementelor (care s-a oglindit foarte bine în tabelul sistemului periodic dat de N. Bohr) și a impulsionat căutarea a noi modele structurale despre atom, în măsură să explice varietatea comportărilor diferitelor tipuri de atomi[3].

II.1. **Poluanți chimici ai atmosferei**

Poluarea atmosferică — după definiția Comisiei Europene din 1967[4] — corespunde prezenței substanțelor străine sau unei variații importante a proprietăților com-

[2] Teoria flogistică prevedea o schemă unitară pentru reacțiile de ardere, conform căreia din corpurile care ard se degajă *flogistonul*.

[3] Cristina Mandravel și Melania Guțul-Văluță, *Sistemul periodic al elementelor*, Edit. Albatros, București, 1982.

[4] P. Chovin, *Physico-chemie et physico-pathologie des poluants atmospheriques*, Paris, 1972.

ponentelor aerului, variație care este susceptibilă, ținînd cont de cunoștințele științifice în etapa respectivă, să provoace un efect nociv, sau o îmbolnăvire.

De exemplu, dioxidul de carbon, constituent normal al atmosferei, este poluant atmosferic atunci cînd concentrația lui depășește 3/10 000 în volume sau 300 ppm.

Poluarea atmosferei se datorează expulzării în aer, mai ales deasupra marilor aglomerări urbane, a trei categorii de substanțe [2, 3]:

— gaze (dioxid de carbon, oxid de carbon, hidrocarburi nearse, hidrogen sulfurat, dioxid de sulf, amoniac, fluor, clor) și aerosoli de metale sau oxizi (de Pb, Hg etc.);
— particule lichide, care reprezintă emanații din diferite procese industriale sau apar în această formă prin procese de condensare chimică;
— particule solide sub formă de fumuri de ardere, prafuri industriale, vulcanice[5] sau prafuri provenite de la exploziile atomice (conținînd în special doi izotopi radioactivi periculoși Sr^{90}, I^{131} [1, 14]).

Din punct de vedere al felului surselor de poluare, produse de om (artificiale) [3] se disting:

[5] Cînd Insula Krakatoa din strîmtoarea dintre Sumatra și Java a fost aruncată în aer, în 1883, în urma erupției vulcanice, sunetul marii explozii s-a auzit 1 500 mile la nord de Borneo și 2 000 mile la sud-est în Australia. Norul de praf și cenușă a produs un întuneric total pentru 24 de ore într-un spațiu de 100 mile spre vest de vulcan! Un mare nor de praf a fost observat pe tot globul în jurul ecuatorului timp de 2 săptămîni! Trecerea lui în zonele temperate a produs răsărituri și apusuri de soare strălucitor colorate timp de 2 ani.

Ploi cu noroi au căzut pînă la 50 mile față de locul erupției și insule plutitoare de piatră poroasă (tuf vulcanic) au circulat pînă la Oceanul Indian. Poluarea atmosferei de către Krakatoa a avut deci un caracter global, dar după 3 ani de la cea mai violentă catastrofă din istoria civilizației umane procesele naturale au restituit aerului atmosferic puritatea sa naturală.

(D. C. Fuller, „Chemistry and Man's Environment" Houghton Mifflin Company, Boston, Atlanta, Londra, 1976, p. 122.)

Felul poluării	% din poluarea totală
poluarea industrială	20—25%
poluarea casnică	50—60%
poluarea datorată mijloacelor de transport	20—25%

La agravarea situației și atingerea limitelor superioare ale gradului de poluare contribuie o serie de factori: clima, poziția geografică, natura și extinderea activității industriale.

De exemplu [13], gazele reziduale și impuritățile sub formă de particule, aflate la temperaturi superioare celei atmosferice, sînt evacuate sub presiune la mari înălțimi prin coșurile fabricilor. Ele au în continuare o mișcare ascendentă pînă la egalarea temperaturii lor cu cea a stratului de aer în care au ajuns. Apoi, particulele mari cad pe sol, în timp ce gazele și particulele fine sînt antrenate în mișcarea straturilor respective de aer.

De aceea, factorii dinamici (mișcările aerului pe orizontală, verticală, temperatura, precipitațiile) în strînsă legătură cu cei de poziție geografică pot influența răspîndirea la distanțe foarte mari a poluanților, concomitent cu diluarea sau concentrarea lor.

Astfel, în depresiuni, concentrațiile de impuritate cresc datorită spațiului limitat în care are loc răspîndirea lor și posibilității de a apărea inversia termică cu plafon așa cum reiese din figura II.1.

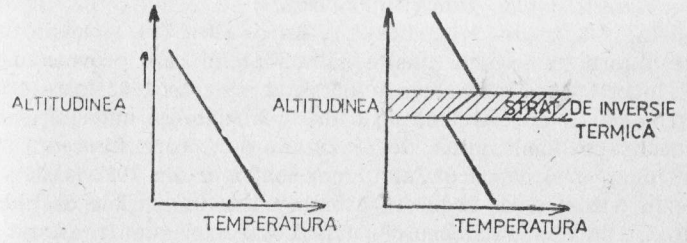


Fig. II.1. Apariția inversiei termice cu plafon într-o depresiune. Stînga — variația normală a temperaturii după altitudine; dreapta — apariția stratului de inversie termică care captează poluanții.

După cum se știe, masele de aer cald au o mișcare ascendentă, iar locul lor este luat de mase de aer rece care suferă o mișcare descendentă. Unitatea acestor două mișcări constituie convecția atmosferică. Apariția unui strat de aer cald, relativ gros, ca un plafon între două straturi de aer rece face ca impuritățile să se acumuleze tot în depresiunea respectivă, aproape de locul de evacuare.

Rezultă marea importanță a factorilor climatici atît în procesul de acumulare a poluanților, cît și în procesul natural de reducere a lor (autoepurarea aerului).

Este deosebit de important, pentru a înțelege atît poluarea cît și procesul de autoepurare al aerului, de a stabili care este relația între cantitatea de impurități evacuată în atmosferă într-un anumit interval de timp și persistența acestora, ultima mărime fiind dependentă de mecanismul de îndepărtare.

Frecvent, poluanții chimici sînt substanțe cu reactivitate mare care pot reacționa între ele, sau cu oxigenul din aer. Reacțiile de acest tip sînt favorizate de radiațiile ultraviolete din spectrul solar. Ceea ce este mai îngrijorător este faptul că produșii acestor reacții fotochimice au proprietăți iritante asupra ochilor, căilor respiratorii, produc ofilirea plantelor, constituind adesea ceața poluantă numită „smog"[6] fotochimic.

Se pare că fiecare mare aglomerare urbană își are „smogul" său[7].

[6] Cuvîntul *smog* provine din asocierea conținutului cuvintelor englezești *smoke*=fum și *fog*=ceață.

[7] În 1943, în districtul Los Angeles se observase apariția unei pîcle alburii, uneori cu nuanțe gălbui-cafenii care provoca usturimi la ochi. Acest fenomen a persistat pînă în 1962 între 180—212 zile pe an cu toate măsurile drastice luate de autorități pentru reducerea emisiunilor de dioxid de sulf, care fusese principalul vinovat al catastrofalului smog londonez din 1952 (4 000 victime în 5 zile) și de reducere a emisiunilor industriale de hidrocarburi. Din analiza smogului de la Los Angeles s-a constatat că principalul component este azotatul de peroxiacetil (PAN), produs apărut în condițiile insolației puternice a aerului încărcat cu hidrocarburi nearse (provenite din gazele de eșapament ale autovehiculelor) și oxizi de azot.

Tabelul II.1

Principalii poluanți urbani

Poluant	*Cantitatea evacuată anual* [t]	*Informații suplimentare*	*Persistența*
CO_2	$1{,}3 \cdot 10^{10}$	Concentrația în atmosferă crește cu 10^{6-8}/lună	4 ani
CO	$2{,}30 \cdot 10^{8}$		3 ani
SO_2	$1{,}46 \cdot 10^{8}$		4 zile
NO, NO_2	$5{,}3 \cdot 10^{7}$	Rezultă în mari cantități din descompuneri biologice ($5 \cdot 10^{8}$)	5 zile
N_2O	—	Rezultă din degradări biologice în sol (10^{9})	1—3 zile
NH_3	$4 \cdot 10^{6}$	„ $5{,}8 \cdot 10$	2 zile
H_2S	$3 \cdot 10^{6}$	„ (10^{8})	2 zile
Hidrocarburi	$8{,}8 \cdot 10^{7}$	„ ($4{,}8 \cdot 10^{8}$)	16 ani

„Smogul fotochimic" reprezintă doar o parte din problema complexă a poluării aerului urban. Principalii poluanți urbani sînt cuprinși în tabelul II.1; numărul poluanților crește vertiginos. De exemplu, la nivelul anului 1963 lista componentelor identificate de către Serviciul Sanitar al S.U.A. în atmosfera urbană cuprindea 39 de substanțe la care se adaugă poluanții radioactivi, în special stronțiu 90 (^{90}Sr), iod 131 (^{131}I) conținuți în căderile radioactive după experimentările nucleare și precipitații. În același an, 1963, se poate remarca ratificarea, cu o majoritate covîrșitoare, în senatul S.U.A. a tratatului privind interzicerea experimentelor cu arma nucleară în atmosferă, în spațiul cosmic și sub apă, fapt care poate fi privit ca o victorie în prima înfruntare din campania de apărare a ambianței împotriva puterii distructive a tehnicii ultramoderne.

În evaluarea riscului nociv etapa de informare constă în cunoașterea numărului, naturii și capacității surselor

de poluare, fapt ce se realizează în limitele localităților și al microregiunilor. Rezultatele cercetărilor emisiilor specifice diverselor surse de poluare se extind apoi la nivelul țării sau planetei.

În țara noastră [7] menținerea evidenței surselor industriale este urmărită periodic de către organele sectorului sanitar și centralizată la Institutul de Igienă și Sănătate publică. Comisia de combatere a poluării mediului din cadrul Academiei R. S. România a inițiat întocmirea unui cadastru al surselor de poluare prin metode foarte exacte. Din 1974 sarcina evidenței surselor de poluare a fost preluată de către Consiliul Național pentru Protecția Mediului Înconjurător (CNPMI) care are și calitatea de a reprezenta țara în forurile internaționale în aceste probleme și a înlesni acțiunile de cooperare.

Din acest an în țara noastră s-a alcătuit un inventar complet al surselor de poluare cu emisiile, efectele de poluare și măsurile de combatere planificate [13].

Tabelul II.2

Clasificarea surselor artificiale de poluare

Categoria	*Sursa*
Surse industriale	Uzine de produși anorganici Uzine de produși organici Uzine de hîrtie și celuloză Industrie alimentară Uzine termoenergetice Fabrici de ciment și materiale de construcții Uzine siderurgice Uzine de metalurgie neferoasă
Transporturi	Autovehicule Locomotive Nave Avioane
Arderi reziduuri Arderi casnice	Crematorii de bloc, cartier, oraș Sisteme de încălzire individuale și colective

Din clasificarea surselor de poluare artificială reiese că sursele industriale (v. tab. II.2) importante sînt, în ordinea descrescătoare, întreprinderile chimice, centralele termoelectrice, fabricile de ciment, întreprinderile siderurgice și de metalurgie neferoasă.

Este de reținut însă complexitatea problemei poluării, faptul că compoziția de detaliu a aerului poluat variază foarte mult în funcție de zona geografică, de configurația geometrică a surselor poluante, temperatură, umiditate, intensitatea luminii etc.

În atmosfera poluantă în aceste condiții se produce o rețea complexă de reacții chimice care trebuie descifrată. Demersul științific obișnuit, care constă în izolarea unor componente din aerul viciat și urmărirea interacțiunilor posibile între ele, poate da informații de orientare asupra suitei de reacții care duc la formarea unui anumit component predominant, cu efecte nocive deosebite într-un anumit loc, dar nu rezolvă înțelegerea *complexității* și *variabilității* fenomenului de poluare atmosferică. Din același motiv al complexității, al relațiilor multiple de interdependență, este extrem de dificilă evaluarea riscurilor pe care poluarea le prezintă pentru sănătatea omului (colectivităților umane). De fapt, niciodată nu există o relație simplă între prezența unei anumite impurități și incidența unei anumite boli [16, 17].

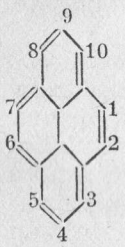
Teoria carcinogenezei chimice este una din cele mai transformare metabolică. De exemplu, o serie de substanțe din categoria poluanților atmosferici pot fi direct cancerigene sau dau naștere la substanțe cancerigene prin transformare metabolică. De exemplu, o serie de substanțe chimice liposolubile traversează membrana celulară ce conține lipide și proteine.

Celula recunoaște substanța chimică ca pe un produs străin și încearcă să-l elimine (la animalele superioare pe cale biliară sau urinară sub formă hidrosolubilă).

În procesul acesta de detoxificare la nivel celular apar produșii intermediari, adesea radicali electrofili cu reactivitate mare, care reacționează cu acizii nucleici din nucleul celulei producînd mutații. Celulele afectate încep multiplicarea dezordonată. (v. mecanismul de transformare a benz-pirenului).

Pentru a clarifica modul de acțiune al substanțelor cancerigene trebuie să înțelegem particularitățile de structură electronică ale acestor molecule. S-au consemnat date despre efecte cancerigene la 3,4 benz-piren și dibenzpiren. Aceștia sînt derivați ai pirenului și fac parte din clasa hidrocarburilor aromatice polinucleare.

Pirenul este o hidrocarbură cu patru nuclee aromatice condensate, cu structură plană. Cei 14 electroni π ai moleculei sînt



delocalizați, adică aparțin tuturor centrilor atomici ai moleculei. Această particularitate a structurii electronice generează caracterul chimic specific substanței. Delocalizarea electronilor π este pusă în evidență prin „curentul de inel" din determinarea experimentală a momentului de dipol, a anizotropiei[8] susceptibilității diamagnetice, a spectrului de rezonanță magnetică nucleară RMN[9], prin obținerea unor combinații intermoleculare în care pirenul se comportă ca un donor de electroni π. Din calcule de chimie cuantică se poate prevedea reactivitatea cu ajutorul unor *indici de reactivitate* care se calculează pentru diversele poziții din moleculă și se totalizează în *diagrama moleculară*.

Comportarea pirenului și dimetilpirenului poate fi explicată numai pe baza caracterului de donor de electroni π, pe care l-am consemnat anterior. Molecula plană de piren se poate insera între două părți ale biomoleculei purtătoare de informație, ADN, între care una cedează, iar alta primește electroni. În cazul 3,4 benz-pirenului și dibenzpirenului, substanțe cancerigene, frecvent întîlnite între poluanții atmosferici, conform informațiilor despre structura și reactivitatea pirenului vom presupune că acestea suferă „in vivo" anumite tipuri de reacții în poziții preferențiale.

Astfel, introdus în organism 3,4 benz-pirenul suferă o serie

[8] Anizotropia susceptibilității magnetice este dată de diferența dintre valoarea acestei proprietăți, măsurată după o direcție perpendiculară pe planul nucleului și valoarea proprietății definită după una din direcțiile din planul nucleului aromatic.

[9] În moleculele ce conțin nuclee atomice cu spin nuclear diferit de zero apare absorbția selectivă a cuantelor unui cîmp magnetic exterior ce se traduce prin spectrul RMN. Spectrul RMN este o metodă modernă și eficientă de studiu structural [19].

de reacții de oxidare și hidroliză, în final ajungîndu-se la un cation electrofil în poziția 10 din nucleul pirenic de bază, care este capabil să atace centrii activi din moleculele acizilor nucleici[10] producînd mutații.

Am arătat ce relații sînt între structura substanței și potențialitatea ei cancerigenă doar pentru cîțiva compuși din clasa hidrocarburilor aromatice polinucleare (HAP), dar, tot în categoria substanțelor cu această caracteristică, se includ aminele aromatice, coloranții azoaromatici, epoxizii, nitrosoaminele și nitrosamidele etc.

În realitate, acțiunea cancerigenă a substanțelor chimice poluante trebuie luată în considerare în mod combinat, cînd, de cele mai multe ori, prin curioase efecte sinergetice, aceasta se mărește față de situația cînd fiecare substanță acționează „solo".

La înțelegerea acestor fapte trebuie să ținem seama că într-un aer poluat există și poluanți cu acțiune *cocancerigenă*, care potențează efectele celor care posedă această temută proprietate!

II.1.1. Combustie și poluare

În toate activitățile umane în domeniul casnic, transport, industrial, procesele de combustie ocupă un loc important, constituind, principalul mijloc de obținere a energiei și principala sursă de poluare a aerului. Evoluția civilizațiilor umane s-ar putea succint caracteriza, din acest punct de vedere, ca istoria creșterii și perfecționării sistemelor de combustie[11].

Arderea combustibililor (substanțe ce conțin carbon, utilizate pentru ardere) evacuează în atmosferă două tipuri de poluanți: produși de combustie incompletă și impurități necombustibile.

Arderea carbonului se produce conform reacției:

$$C+O_2=CO_2+9\ 400\ \text{kcal/kg sau}\ Q=39\ 124{,}8\ \text{kJ/kg}$$

[10] M. Barnea, *Factorii de mediu și profilaxia contra cancerului*. Edit. Medicală, București, 1983.

[11] Unul din cele mai frumoase mituri ale civilizației elenistice, mitul prometeic, descrie pedepsirea lui Prometeu, fiu al lui Zeus, pentru că a dat oamenilor focul și, prin aceasta, posibilitatea de a se măsura în fapte, chiar cu zeii.

sau în deficit de oxigen conform reacției:

$C+1/2O_2=CO+2\,410$ kcal/kg sau $Q=10\,073{,}8$ kJ/kg

Rezultă că în cazul arderii incomplete a carbonului se produce monoxid de carbon, o substanță extrem de toxică, iar în cazul arderii complete dioxid de carbon.

Cantitatea totală de CO_2 produsă pe glob din arderea cărbunilor fosili și a petrolului (combustibili majoritari) se estimează că depășește $3\cdot10^9$ t/an, dar concentrația CO_2 în atmosferă este între 0,03—0,04%, cu mult sub nivelul concentrației toxice (3—4%).

Practic, problemele de poluare dificile apar din cauza produselor de ardere incompletă adică oxid de carbon și deșeuri de combustie. Deșeurile de combustie sînt: combustibil nears, funingine, impurități din combustibil, hidrocarburi aromatice cu cicluri condensate de tipul 3,4-benzpirenului (substanțe aflate în concentrații de ordinul 0,1 $\mu g/m^3$, dar periculoase prin faptul că se acumulează în organism și au proprietăți cancerigene). În instalațiile industriale moderne producerea oxidului de carbon este evitată printr-un tiraj adecvat al aerului, iar deșeurile de combustie (care micșorează eficiența energetică a procesului) se reduc la minim prin menținerea unei temperaturi ridicate (700—800°C) în volumul camerei de ardere, ca rezultat al bunei corelări între aprovizionarea cu combustibil și admisia aerului, ambele realizate în flux continuu.

Cantitatea impurităților din combustibil este maximă în cărbunele de pământ și minimă în combustibilii lichizi și gazoși. O parte din aceste impurități se oxidează și formează acizi, baze, săruri (cloruri, fluoruri, sulfați) în timp ce impuritățile necombustibile se concentrează în zgură, cenușă sau se antrenează prin coșul de evacuare al fumului.

Fumul este, deci, un amestec de substanțe diluate în aerul cald: vapori de apă, praf de cărbune, hidrocarburi și impurități existente în combustibil („cenușa zburătoare" — cu particule de dimensiuni submicronice). Pentru inițiați, culoarea fumului furnizează multe elemente de diagnostic despre caracterul arderii și natura substanțelor prezente în combustibil.

Culoarea fumului	Indicații
Neagră	prezența unor cantități mari de cărbune și funingine — deci ardere incompletă
Cenușie	prezența unor compuși de aluminiu
Roșcată	prezența unor compuși de fier
Brun	prezența unor compuși de mangan
Albicioasă	ardere completă

Dintre impuritățile prezente în combustibil, un rol deosebit în poluare revine sulfului, aflat în procente de 0,5—6% în cărbunii de pământ și între 0,1—4% în petrol.

În prezența oxigenului în camerele de combustie din sulf se formează dioxid de sulf:

$$S+O_2=SO_2$$

și în măsură foarte redusă, cam 1—3% din SO_2 trece în trioxid de sulf, SO_3, printr-un proces de oxidare favorizat de aerosolii ionilor metalici de aluminiu, vanadiu sau fier:

$$SO_2+1/2O_2 \xrightleftharpoons{\text{catalitic}} SO_3$$

Trioxidul de sulf în prezența vaporilor de apă formează acid sulfuric, substanță extrem de corozivă. Pentru a-l neutraliza în instalațiile industriale de ardere se utilizează săruri de amoniu, oxid de magneziu, dolomită.

În cantități de ordinul $1\cdot10^{-3}$—$2{,}3\cdot10^{-2}$% în unele sorturi de cărbune apar compuși de arsen care, pot elibera prin ardere particule de arsen metalic și oxid de arsen; în alte sorturi apar, în urme, compuși ai fluorului.

La temperaturile realizate în camerele industriale de ardere se pot forma oxizi de azot care, apoi, la evacuarea gazelor fierbinți în atmosferă, se combină cu vaporii de apă și generează acid azotic conform succesiunii de reacții:

$$N_2+1/2O_2 \rightleftarrows 2NO$$
$$NO+1/2O_2 \rightleftarrows NO_2$$
$$3NO_2+HOH \rightleftarrows 2HNO_3+NO$$

II.1.2. Poluarea industrială a aerului

În procesul de poluare atmosferică un rol crescînd revine, așa cum a reieșit din paragraful II.1, surselor de

poluare industrială socotind că activitățile industriale au devenit semnificative ca factor alterator al ambianței în ultimele două secole (utilizînd noțiunea de „val" din cartea lui A. Töfler [2], pentru a indica evoluția dezvoltării societății, aceasta se întîmplă abia în epoca celui de al doilea val). Pe seama introducerii pe scară largă a automatizării, a utilizării roboților în ultima vreme, numărul muncitorilor expuși la noxe deosebite este redus, dar eliminarea în exterior, prin evacuarea în atmosferă, în rîuri a reziduurilor, complică prin diversitatea noxelor ca natură și debit, activitatea de menținere a calității mediului ambiant.

Întreprinderile industriale, dispuse pe vaste teritorii răpite agriculturii, sînt și *energofage* (adică mari consumatoare de energie), iar căldura sau energia electrică necesare lor, sînt produse pe baza arderii cărbunelui, petrolului sau gazului metan.

Poluarea atmosferei cu pulberi și gaze este în special datorată următoarelor tipuri de industrii: energetică, metalurgică, chimică, industria materialelor de construcții.

Astfel, *întreprinderile termoenergetice,* care transformă în energie electrică (transportabilă ușor la mari distanțe) căldura și forța aburului, au devenit din ce în ce mai puternice sub semnul „foamei de energie", caracteristică ultimelor decenii, și ca atare, ponderea lor în procesul nedorit de poluare a atmosferei s-a mărit considerabil.

Întreprinderile termoenergetice bazate pe arderea cărbunelui[12], care prezintă maximă periclitate sub aspectul

[12] O evaluare des întîlnită în statistica economică, axată pe problematica poluării și a efectelor măririi cantității de CO_2 în atmosferă, arată că la nivel global se produc anual 5 miliarde tone CO_2. Dacă un sfert din această cantitate este produsă pe baza arderii cărbunelui (pentru CO_2 căldura de formare în condiții normale este de —393,2 kJ/mol) să vedem care este căldura degajată în acest proces? Calculăm întîi numărul n de moli de CO_2 corespunzător la 1/4 m_{CO_2} $5 \times 0{,}25 = 1{,}25$ miliarde tone:

$$n = \frac{m\ kg}{M_{CO_2}\ (kg)} = \frac{1{,}25 \cdot 10^{15}}{44} = 284 \cdot 10^{11}$$

Atunci cantitatea de căldură degajată Q va corespunde la:

$$Q = 284 \cdot 10^{11} \cdot 393{,}2 = 111 \cdot 10^{14}\ kJ$$

poluării, evacuează cenușa în halde special amenajate, dar, în aerul din jurul lor se constată existența pulberilor de cenușă, cărbune, funingine, în suspensie de ordinul $mg/m^3 \cdot an$, pe distanțe de 8—20 km.

Aceasta este cauza posibilă a micșorării nivelului radiațiilor solare în zonele respective în urma unui efect de ecran.

Dioxidul de sulf, rezultat prin arderea cărbunilor, este evacuat la înălțimi de 300—500 m dar, din păcate, este prezent și la nivelul straturilor de la sol în concentrații de 20—40 mg/m^3 în cazul termocentralelor care ating puteri instalate de ordinul 10^3 megawați.

În privința intensității emisiilor de SO_2, ca poluant[13], o centrală termică ce produce 2 000 MW/h consumînd aproximativ 460 t/h păcură, cu 3,5% sulf, generează o emisie de 32 t/h SO_2. Dacă funcționează pe cărbune, la aceeași putere instalată, și consumă 770 t/h cărbune cu 9% sulf, aceasta corespunde la o emisie de 15 t/h SO_2.

În perioada de început a industrializării în țara noastră nu au apărut grave probleme de poluare atmosferică din această cauză, pentru faptul că, întreprinderile industriale de acest tip s-au bazat în majoritatea lor pe combustia gazelor naturale sau a petrolului nostru, lipsit de sulf.

Utilizarea drept combustibil în termocentrale a reziduurilor petroliere și a șisturilor bituminoase, care se preconizează în prezent, va necesita în primul rînd studii asupra amplasării judicioase a acestor obiective industriale și de întărire a măsurilor de protecție.

Industria siderurgică manipulează cărbuni, minereuri, execută arderea lor în cocserii, furnale și oțelării și în fiecare din aceste faze ale procesului intervin pulberi. O parte semnificativă a acestor pulberi este compusă din particule metalice, compuși de fluor, arsen, hidrocarburi cu cicluri condensate. Gazele rezultate în procesele siderurgice sînt: SO_2 (provenit din oxidarea sulfului din cărbune și din minereurile de fier=pirite), CO, fenoli, H_2S. Întinderea zonei de poluare în preajma întreprinderilor siderurgice de mare capacitate de producție depășește radial 3 km.

[13] Vezi [18], p. 1—17.

În industria metalelor neferoase cauza principală a poluării rezidă în faptul că minereurile exploatate în raport cu un anumit metal conțin o gamă largă de combinații ale altor metale, aflate însă în proporții nerentabile pentru exploatarea simultană în raport cu acestea, dar foarte semnificative ca impurități, care trebuie înlăturate și neutralizate. Operațiile de bază în astfel de industrii corespund extracției de minereu, purificării și rafinării, operații care presupun apariția poluanților atmosferici de tipul pulbere, vapori, gaze. Impuritățile frecvent întîlnite în una din aceste faze sînt dioxidul de sulf, mercurul, zincul, cadmiul, arseniul, plumbul și fluorul.

Periculoase prin remanența lor îndelungată sînt aerosolii de Pb, Hg. În diversele industrii, care sînt grupate sub denumirea de metalurgie neferoasă, o importanță deosebită în privința măsurilor de protecție a mediului revine producției compușilor de beriliu, care au un prag toxic foarte scăzut, ușor de depășit.

Industria materialelor de construcții prelucrează materii prime ieftine (marnă, calcar, nisip, gips), care se găsesc din abundență, motiv pentru care randamentul proceselor respective foarte scăzut, nu era privit ca îngrijorător din punct de vedere economic. Pierderile masive din materia primă în procesele de prelucrare mecanică, termică etc. se repercutează însă ca un efect masiv de poluare prin dispersarea în atmosferă a unor cantități însemnate de pulberi. Majoritatea acestora se depun la distanțe de ordinul 5—10 km de sursă, provocînd înăbușirea plantelor.

Industria chimică, ajunsă astăzi la o enormă dezvoltare, produce agenți de impurificare a aerului de maximă nocivitate și diversificare, atît în cadrul aceleiași întreprinderi, cît și pe ansamblu, mai ales sub forma de gaze și vapori, mai rar sub formă solidă.

Principalii poluanți sînt trecuți în tabelul II.3.

Din această varietate de substanțe sînt de reținut: combinațiile gazoase ale sulfului (SO_2, SO_3, H_2S, CS_2, RSH) ale azotului (oxizii de azot, amoniacul) și clorului (acidul clorhidric) și o serie de substanțe organice ca hidrocarburi, alcooli, fenoli, cetone, eteri etc. și poluanți sub formă de pulberi: negrul de fum, compușii fluorului, pesticidele.

Tabelul II.3

Principalii poluanți atmosferici și concentrațiile maxime admisibile în R.S.R.
(ord. Ministerului Sănătății nr. 623/dec. 1973)

	Poluant	*Concentrația maxim admisibilă momentană* [mg/m³]
Combinații ale sulfului	SO_2	0,75
	SO_3	—
	H_2S	0,03
	CS_2	0,03
Combinații ale azotului	NO	—
	NO_2	0,3
	N_2O	—
	NH_3	0,1
Combinații ale clorului	Cl_2	0,3
	HCl	0,3
Combinații organice	CO	6,0
	CCl_4	3,0
	Metanol	3,0
	Piridină	0,15
	Formaldehidă	0,03
	Fenol	0,1
	Furfurol	0,15
	Difeniloxid	0,01
	Dietilamină	0,05
	Benzen	2,4
Pulberi constituite din:	Funingine	0,15
	Fluor și compuși de fluor	0,02
Pulberi constituite din:	Arsen și compuși de arsen	0,03
	Mercur	—
	Sedimentabile (netoxice)	0,5

Dat fiind că acidul sulfuric reprezintă o substanță de bază în producția de îngrășăminte, coloranți și o substanță auxiliară în industria farmaceutică, în industria textilă, de celuloză și hîrtie, procesul tehnologic de obținere al acestei substanțe merită o examinare detaliată din punct de vedere al implicației în problema poluării. Procedeul de fabricație adoptat în majoritatea țărilor industrializate se bazează pe oxidarea catalitică a SO_2, obținut prin prăjirea minereurilor de tip pirită în prezența aerului. Deficitară este captarea permanentă a dioxidului de sulf, rezultat din arderea piritei, așa încît, periodic, instalațiile respective pot evacua cantități destul de mari de SO_2 în atmosferă, determinînd impurificarea ei pe o rază de 6—10 km.

Dintre ceilalți produși ai sulfului este necesar să remarcăm faptul că mercaptanii și tioeterii sînt substanțe caracterizate prin cel mai scăzut prag de sensibilitate pentru organul olfactiv uman, care îi sesizează la concentrații de 10^{-9} g/m^3 la circa 10 km de locul de evacuare. Din această cauză sînt utilizați ca *odoranți* ai gazelor naturale, pentru a semnala scăparea lor de sub control și a preveni exploziile.

Oxizii de azot, sub formă de amestec al combinațiilor corespunzătoare diferitelor stări de oxidare ale azotului, în care NO_2 are proporția majoritară, rezultă din uzinele de acid azotic și îngrășăminte azotoase. Coșurile de evacuare ale acestora se recunosc de departe fiind învăluite într-un fum roșcat, denumit „coadă de vulpe". Oxizii de azot au un pronunțat efect iritant, distanțele de răspîndire, la concentrații superioare celor admise, sînt 2—3 km în jurul sursei.

Fabricile de amoniac sînt de recunoscut după aspectul de „ceață" asociată cu efectul iritant specific acestei substanțe, care se caracterizează prin arii de același ordin de mărime în care se depășește concentrația admisă, ca la oxizii de azot.

În jurul instalațiilor de electroliză a clorurii de sodiu și magneziu, a instalațiilor de obținere a derivaților clorurați (utilizați în calitate de dezinfectanți, bactericide) și a multor instalații din industria farmaceutică survine poluarea prin clor sau acid clorhidric.

Celelalte substanțe, de natură organică, în special, care pot polua aerul cum ar fi hidrocarburile, alcoolii, fenolii, eterii și cetonele se caracterizează prin volatilitate mare și zonă de percepție redusă la cîteva sute de metri și au o toxicitate mai redusă în comparație cu două tipuri de substanțe: pesticidele și coloranții care apar ca aerosoli solizi.

Pesticidele sînt deosebit de semnificative în privința poluării aerului atît în etapa de obținere, cît și în cea de utilizare. Negrul de fum, substanță necesară pentru industria cauciucului, pigmenților, coloranților, se revarsă în atmosferă în proporție de 10—15% ca urmare a pierderilor din procesele tehnologice imperfecționate ale fabricilor de negru de fum, avînd proprietatea de a determina poluarea pe arii foarte întinse (cu raza între 2—10 km).

Mijloacele de transport reprezintă o categorie importantă și foarte diversificată de „accesorii indispensabile ale civilizației" și, concomitent, produc poluarea factorilor naturali.

Ca mărime a surselor de poluare ale aerului pe primul loc în categoria mijloacelor de transport se situează *autovehiculele*[14] al căror număr a fost în continuă creștere. Într-un megalopolis ca Los Angeles unde numărul autovehiculelor reprezintă 1/2 din numărul locuitorilor (după statistici din 1970), criza poluării și lupta dintre autorități și concernurile proprietare în industria de automobile s-a declanșat, cum s-a menționat în § II.1, la începutul deceniului 7.

---

[14] Pentru a avea o imagine asupra volumului de dioxid de carbon produs de autovehicule să calculăm cîți metri cubi eliberează în atmosferă un autoturism cu ardere corect reglată care consumă 8 l benzină la 100 km.

Pentru simplitate considerăm că benzina ar fi formată numai din izooctan (alcan de formulă brută C_8H_{18}, cu masa moleculară 114 și densitatea $\rho = 0{,}85$ g/cm^3.

Scriem ecuația procesului de ardere completă:

$$C_8H_{18} + 25/2O_2 = 8CO_2 + 9H_2O.$$

Dacă la 114 kg C_8H_{18} corespund $8 \cdot 22{,}4$ m^3 CO_2,

atunci pentru $\frac{0{,}85 \times 8\,000}{1\,000}$ kg C_8H_{18} se obțin 10,6 m^3 CO_2.

Autovehiculele evacuează în atmosferă oxid de carbon, hidrocarburi, oxizi de azot, plumb.[15]

O comparație a poluanților evacuați de autovehiculele echipate cu motor cu benzină (I) și motor Diesel (II) în cazul regimului de croazieră este dată în tabelul II.4.

Tabelul II.4

Concentrațiile poluanților evacuați de motoare cu benzină și motoare Diesel

Substanța	*I*	*II*
	ppm/vol	ppm/vol
oxid de carbon	24 000	1 000
hidrocarburi	620	100—200
oxizi de azot	1 400	10—1 000
formaldehidă	—	5—20
fum negru	5 mg/m^3	50 mg/m^3

Mijloacele de transport cu motoare cu abur (locomotive, nave) produc o impurificare a atmosferei prin fumul pe care-l evacuează pe coșuri. În ultimii ani ameliorarea acestei acțiuni s-a realizat prin faptul că la locomotive s-a

---

Dacă arderea nu este bine reglată apar produșii de ardere incompletă; oxidul de carbon, foarte toxic și negrul de fum, ambii substanțe poluante.

[15] Tetraetil plumbul $(C_2H_5)_4Pb$ este o substanță utilizată ca antidetonant. Introducînd această substanță în benzină se înlătură apariția detonației în cilindrii motoarelor cu explozie internă. Detonația manifestată prin „bătăi" duce la o solicitare enormă a pieselor motorului, la o uzură prematură a acestuia. Acțiunea antidetonantă a tetraetil plumbului se bazează pe faptul că se descompune în unda de șoc (generînd Pb și radicali etil) favorizînd consumarea centrilor activi din reacția de ardere pe suprafața micilor particule de plumb apărute [19].

În acest mod se poate înțelege cum adaosurile, utile în diverse scopuri tehnice, diversifică gama poluanților aerului.

procedat la înlocuirea motoarelor cu aburi prin motoare Diesel sau electrice, iar vapoarele au fost înlocuite în majoritate cu motonave.

Avioanele consumă benzină de calitate superioară fapt care determină eliminarea unor produși mai puțin poluanți. Dar la înălțimile mari de zbor, practicate azi, efectul redresării stării atmosferei sub acțiunea factorilor meteorologici este lent și sînt semnalate acumulări de poluanți în aceste straturi care, la o creștere a traficului pot juca un rol de ecran sau baraj pentru accesul radiațiilor solare și ozonului către suprafața planetei.

O impurificare a atmosferei, care se adaugă în marile orașe celei determinate de mijloacele de transport, este cea datorată *sistemelor de încălzire a locuințelor*. Aceste sisteme au evoluat de la sistemele de încălzire individuală (prin ardere de lemne, cărbuni, gaz) la uzinele de bloc și la rețelele de termoficare, astfel încît, sursele de căldură s-au redus ca număr dar și-au mărit substanțial volumul. Impurificarea atmosferei în preajma acestor uzine se ameliorează prin folosirea unor combustibili puri (gaze naturale) sau prin impunerea unor norme mai stricte privind epurarea gazelor arse.

Poluarea aerului locuințelor și locurilor de muncă prin fumat este doar aparent secundară preocupărilor legate de acest capitol. În fumul de tutun, inhalat de fumător și de cei care sînt cu el în aceeași încăpere, s-au identificat: nicotină (6—8 mg/țigară) oxid de carbon, hidrocarburi cancerigene (3,4-benz-piren 1 μg/100 țigări), aldehide, alcooli și acizi organici între care acid cianhidric, compuși de sulf și azot, substanțe teinice, fenolice, plumb, cadmiu, mercur!

II.2. Poluanți radioactivi ai aerului

După seria de 30 explozii atomice experimentale efectuate pînă în 1953 de către marile puteri nucleare în zone îndepărtate și nelocuite ale globului, s-a constatat că precipitațiile și praful, depus din atmosferă pe diverse instalații, din zone foarte distanțate de cele în care fuseseră efectuate experimentările, erau radioactive și conțineau ^{90}Sr, ^{137}Cs și alte cîteva elemente radioactive.

Fondul de radiații global[16] nu a crescut simțitor față de cel datorat radiațiilor rocilor radioactive sau razelor cosmice din spațiul extraterestru. Dar pericolul constă în faptul că izotopul ^{90}Sr circulă prin mediu împreună cu calciul, cu care se aseamănă chimic, fiind în aceeași grupă a sistemului periodic. Ca atare, ^{90}Sr este extras cu aviditate din sol de către plante, încorporat în hrană și astfel ajunge în organismul uman unde se fixează cu predilecție în celulele osoase pe care le iradiază, putînd fi cauza declanșării cancerului osos.

Din studii amănunțite [15] asupra efectelor biologice ale radiațiilor nucleare s-a stabilit că mărimea efectului biologic în funcție de doza absorbită se poate caracteriza prin curbe cu prag și fără prag.

Efectele biologice cu prag, cum sînt cele somatice, apar dacă doza absorbită depășește o anumită valoare, avînd un caracter reversibil pînă la atingerea acestei valori de prag. Din această cauză pentru cei ce lucrează în mediu radioactiv se caută administrarea în mod fracționat și în timp lung a dozelor[17]. De asemenea, stabilirea concentrației maxim permise a unui poluant în atmosferă, are în vedere această cerință, argumentată de posibilitatea unor procese de regenerare a unor țesuturi.

Armele nucleare acumulate în prezent în mari cantități de cele 7 puteri nucleare (U.R.S.S., S.U.A., Marea Britanie, Canada, Franța, India, China) constituie o primejdie pentru declanșarea unui război nuclear. Efectul distrugător al unui astfel de război ar suprima nu numai o mare parte a omenirii, dar și speranța de viață a generațiilor viitoare și a altor forme de viață superioară pe Terra. Iată de ce în 1980 la Geneva din inițiativa unor medici americani și sovietici a luat naștere „Asociația Internațională a medicilor pentru împiedicarea războiului nuclear", condusă în prezent de medicii Evghenii Ceasov și Bernhardt Lon.

Prin statutul asociației, deschisă medicilor din Est și Vest, se stipulează că activitatea asociației este îndreptată pentru prevenirea războiului nuclear prin toate mijloacele de influențare de care poate dispune datorită calificării înalte a membrilor ei. Aceasta tocmai pentru faptul că medicii pot să evalueze și să explice convingător efectele ireversibile ale unui război nuclear, un adevărat holocaust[18]. Comisia pentru decernarea premiului Nobel apreciind în mod deosebit activitatea acestei organizații,

Tabelul II.5

Concentrațiile maxim admisibile de radionuclizi în aer

Radionuclid	*Țesutul maxim afectat*	*Concentrație maxim admisă în aer în $\mu Ci^*/cm^3$*
^{14}C	grăsimi	$4 \cdot 10^{-6}$
^{137}Cs	întregul organism	$6 \cdot 10^{-8}$
^{144}Ce	țesutul osos	10^{-8}
^{35}S	testicule	$3 \cdot 10^{-7}$
^{60}Co	regiunea gastrointestinală	$3 \cdot 10^{-7}$
^{90}Sr	țesutul osos	$3 \cdot 10^{-7}$
^{131}I	glanda tiroidă	$9 \cdot 10^{-9}$

* Curie-ul (Ci) — unitate pentru activitatea radioactivă, ce corespunde la $3{,}700 \cdot 10^{10}$ dezintegrări pe secundă independent de masa sursei. Se utilizează submultiplii în sistemul zecimal.

[16] Fondul de radiații global este datorat sumei iradierilor pe care le suferă ființele pe pămînt. O contribuție importantă revine în acest fond gazelor radioactive ^{222}Rn, ^{220}Tn și radiațiilor provenite de la ^{40}K (caracterizat de timpul de înjumătățire $T_{1/2}=1{,}3$ miliarde ani, deci datează de la formarea Terrei) și ^{14}C ($T_{1/2}=5\,568$ a). Doza fondului de radiații este cuprinsă între 10—100 μremi/h (limita inferioară corespunde nivelului mării, limita superioară corespunde valorilor observate la înălțimi mari. (1 rem$=1 \cdot 10^{-4}$ 5/kg)).

[17] Doza maxim permisă pentru experimentatorii sub 45 ani este de 1,3 remi/an. Pentru experimentatorii peste 45 ani doza maxim permisă la iradierea profesională este de 2,5 remi/an.

[18] Termenul provine din limba greacă (holos=în întregime, kaustos=ars) și desemna un sacrificiu religios în care victima era în întregime consumată de foc. Prin „extenso" termenul se întrebuințează pentru a indica un sacrificiu complet.

i-a acordat, în 1985, înalta distincție a premiului Nobel pentru pace.

Concentrațiile maxime de nuclizi radioactivi admise în aer sînt date în tabelul II.5, conform normativelor stabilite de specialiștii Comisiei pentru energia atomică din Viena [14, 15, 19].

II.3. Raportul O_2/CO_2 în aer și consecințele variației lui pe măsura acumulării CO_2

După părerea a numeroși specialiști [3, 6, 11], industrializarea excesivă, practicată în ultimele decenii, este cauza esențială a creșterii procentului de dioxid de carbon în atmosferă. Iată cîteva date: la începutul revoluției industriale, cu baza energetică axată pe cărbuni și petrol, procentul de CO_2 în atmosferă nu era decît 0,03%. Astăzi, acest procent este 0,033%, iar pentru anul 2050 se prefigurează (la menținerea ritmurilor actuale de dezvoltare) o valoare de 0,06%. Aceste cifre sînt neliniștitoare din mai multe motive. Dioxidul de carbon este un gaz mai greu decît oxigenul și azotul și deci el se va acumula preponderent în straturile inferioare ale atmosferei, odată cu micșorarea valorii raportului O_2/CO_2 la acest nivel.

În tabelul II.6 s-au selectat [20] pentru O_2, N_2, CO_2 valorile unor proprietăți ale acestor componente ale atmosferei care au importanță în cazul cînd se schimbă proporția lor relativă. Din examinarea acestor date rezultă că în special datorită conductivității termice mai scăzute, asociată cu o capacitate calorică mai mare a dioxidului de carbon, în comparație cu aceleași proprietăți ale O_2, N_2, la mărirea procentului de CO_2 au loc diverse fenomene.

Odată cu acumularea CO_2 în atmosferă, la aceeași cantitate de energie solară (primită de suprafața pămîntului sub forma radiațiilor ultraviolete vizibile și infraroșii) incidentă, pierderile de căldură vor fi din ce în ce mai reduse, fenomenul fiind cunoscut sub denumirea de „efect de seră". Mărirea procentului de CO_2 în aerul atmosferic poate schimba echilibrul termic la nivelul planetei, iar creșterea temperaturii pe planetă va duce la topirea gheților din regiunile polare și va fi urmată de o creștere

Tabelul II.6

Capacități termice

	Coeficient de vîscozitate	*Coeficient difuzie*	*Coeficient de conductibilitate a căldurii*	*Căldura moleculară la:*		$\gamma = C_p/C_v$
	[g/cm·s]	[cm²/s]	[cal/cm·s]	$p = ct$	$v = ct.$	
O_2	203	0,178	5,8	7,0	5	1,4
N_2	175	—	5,68	7,03	5	1,4
CO_2	148	0,139	3,38	8,81	6	1,33

rapidă a nivelului oceanului planetar.

O altă consecință a modificării raportului O_2/CO_2 datorită poluării se referă la modificarea activităților vitale ale ființelor cu organizare superioară. Azi este cunoscut faptul că dioxidul de carbon reprezintă unul din factorii cei mai importanți care reglează activitatea centrilor respiratorii[21]. Orice variație în plus, sau în minus, a concentrației CO_2 din sînge determină modificări ale activității centrilor respiratorii. O creștere de numai 0,2% a concentrației CO_2 din aerul alveolar, deci și din sîngele arterial cu care acesta se află în echilibru, determină dublarea frecvenței și creșterea amplitudinii respirațiilor.

Variațiile concentrației CO_2 sangvin modifică automatismul centrilor respiratorii, fie prin acțiunea directă, fie prin modificarea concentrației ionilor de hidrogen H^+ în lichidul cefalorahidian. Aceasta, deoarece CO_2 pătruns în lichidul cefalorahidian se hidratează, formînd acid carbonic H_2CO_3, care disociază rapid generînd ioni de hidrogen (HCO_3^-, H^+).

Scăderea oxigenului dizolvat fizic în plasmă determină stimularea mai slabă a centrilor respiratorii prin mecanisme reflexe, acționînd asupra centrilor respiratori prin intermediul chemoreceptorilor sinusului carotidian și al

crosei aortice. Legat de balanța cantității de oxigen din atmosfera terestră mai este de considerat și un alt aspect [1]. Din oxigenul existent în aer, sub acțiunea radiațiilor solare se formează o varietate alotropică[19] a oxigenului, ozonul. În molecula de ozon intră trei atomi de oxigen, molecula formîndu-se cu consum de energie conform reacției:

$$3O_2 \overset{vh}{\rightleftarrows} 2O_3$$

$$\Delta H_{formare} = 39{,}9 \text{ kcal} = 166{,}78 \text{ kJ}$$

Ozonul se caracterizează printr-o mare tendință de a reacționa, de aceea el se află în concentrația maximă de $1 \cdot 10^{-6}\%$ în volume doar la înălțimi de 22 km.

Profesorul Costin D. Nenițescu[20] redă foarte sugestiv aprecierea cantității reduse de ozon din atmosferă: „Toate gazele din atmosferă dacă s-ar afla în condiții normale (0°C și 1 At) ar forma un strat cu o înălțime de 8 km în jurul Pămîntului. Din acesta, presiunea parțială a ozonului ar corespunde unei înălțimi de 3 mm." Dar chiar și această cantitate mică de ozon, remanentă în păturile superioare ale atmosferei, din cauza marii reactivități a ozonului[21], are foarte mare importanță.

Reconstituind „imaginativ și rațional" formarea ciclurilor vitale pe Terra, savanții au ajuns la ipoteza că suprafața Pămîntului primordial era scăldată într-un „foc" de radiații ultraviolete, care au transformat stratul de

[19] Alotropia este proprietatea unor elemente de a apărea în mai multe varietăți sau modificații în funcție de condițiile de formare. Aceste varietăți se datoresc posibilităților diferite de legare prin covalențe ale atomilor elementelor respective. Fenomenul de alotropie se întîlnește la carbon (grafit, diamant) sulf, fosfor, seleniu, telur, arseniu, antimoniu.

[20] C. D. Nenițescu, *Chimie generală*, Edit. Tehnică, București, 1963, p. 358.

[21] Reactivitatea mare a ozonului este datorată structurii electronice a moleculei. Structura moleculei de ozon a fost dedusă întîi din măsurători volumetrice și stabilită apoi cantitativ prin metoda difracției electronilor. Ea corespunde dispunerii celor trei atomi de oxigen după vîrfurile unui triunghi isoscel cu laturile egale de 1,26 Å, baza de 2,26 Å și unghiul opus bazei de 127°.

metan, apă și amoniac într-o „supă de compuși organici". Din aceasta s-au ivit primele viețuitoare, protejate probabil de apa oceanului planetar contra focului „dătător de viață și ucigător în același timp" al radiațiilor solare.

Cînd atmosfera terestră și-a dobîndit oxigenul prin activitatea de fotosinteză a plantelor verzi, ea și-a format, de asemenea, și o „pătură protectoare" de ozon. De ce apelativul de pătură protectoare pentru stratul atît de subțire de ozon? Pentru că din spectrul razelor solare ozonul absoarbe[22] radiații între 2 500—3 200 Å „reducînd intensitatea radiației ultraviolete în suficientă măsură pentru ca ființele vii să poată ieși de sub apă și să-și înceapă răspîndirea pe suprafața planetei".

Dacă în urma extinderii nesățioase a ariei de activitate umană s-ar reduce cantitatea de ozon din stratosferă „viața terestră ar fi grav amenințată de radiația ultravioletă a soarelui. Din nefericire anumite activități umane măresc această primejdie. Un exemplu este avionul supersonic" [1].

[22] Spectrul de absorbție al ozonului se caracterizează: printr-o bandă intensă de absorbție, centrată la 2 540 Å, o bandă de absorbție în regiunea roșie a spectrului vizibil (motiv pentru care este albăstrui în stare gazoasă și albastru intens ca lichid) și două benzi în regiunea infraroșie a spectrului la 4,7 și 9,15 μ. Întotdeauna lumina ultravioletă de lungime de undă mică (și energie mare) transformă parțial oxigenul în ozon. De aceea se simte mirosul caracteristic al ozonului în apropierea lămpilor de cuarț cu vapori de mercur (mercurul emite radiații chiar în acest domeniu $\lambda_{Hg} = 2\,537$ Å). Se poate forma ozon în toate procesele în care apar atomi liberi de oxigen care se unesc cu molecula de oxigen, dar în condiții de temperatură înaltă și în prezența impurităților, intervine reacția de descompunere a ozonului cu cedare de căldură:

$$O_3 \longrightarrow O_2 + O + \text{energie termică}$$

Energia degajată în timpul descompunerii nocturne conform acestui proces contrabalansează pierderile de căldură ale Terrei, determinînd menținerea echilibrului termic al globului.

II.4. Metode de combatere a poluării aerului

Pentru a stăvili poluarea, organismele statale trebuie să dispună în primul rînd, așa cum s-a mai arătat, de metode de control de mare eficiență. Apoi, din generalizarea studiilor asupra efectelor cumulative ale diferitelor concentrații de poluanți din aer asupra vieţuitoarelor, este necesară stabilirea nivelului *normelor de emisie*[23] care pot fi deversate în aer de diversele surse de poluare și a *concentrațiilor maxime admisibile* (c.m.a.) de poluanți în aerul localităților.

După cum s-a stabilit la reuniunea experților de la Viena (1972) în primul rînd este necesar să fie elaborate norme de igienă (c.m.a.) pentru SO_2, CO, NO_x, CO_2, pesticidele în suspensie, care determină îmbolnăviri acute și cronice.

Tabelul II.7

Concentrațiile maxim admisibile ale unor poluanți în aer în U.R.S.S. și S.U.A.

Substanța	*Concentrația maximă admisibilă [mg/m³]*	
	U.R.S.S.	*S.U.A.*
Amoniac	0,2	—
Dioxid de azot	0,85	0,1
Dioxid de sulf	0,5	0,01
Benzen	1,5	1,6
Clor	0,04	—
Oxid de carbon	3,0	—

În prezent la noi sînt date norme de c.m.a. pentru un număr de 447 substanțe poluante.

Extrase din reglementările de acest tip legiferate în România și în alte țări sînt date în tabelele II.3. și II.7.

[23] Adică a concentrațiilor de poluanți în gazele evacuate în unitatea de timp sau raportate la unitatea de volum de gaz evacuat.

Principalele măsuri concrete de realizare [7, 13] a protecției aerului constau în:

1) exploatarea rațională a instalațiilor tehnologice selecționate pentru o anumită producție ca fiind cele mai puțin poluante;

2) recuperarea și valorificarea substanțelor reziduale utilizabile;

3) amplasarea surselor de poluare bazată pe un studiu științific al consecințelor pe care le are situarea într-o anumită ambianță geoclimatică;

4) adoptarea de sisteme și mijloace de transport cît mai puțin poluante.

În combaterea poluării aerului se pornește de la principiul că „maximumul se poate realiza la sursă." Aceasta în sensul că reducerea evacuărilor de poluanți și a pierderilor de la sursă sînt în același timp măsuri preventive, de limitare a poluării aerului și măsuri care vizează valorificarea integrală a materiilor prime. Reținerea substanțelor reziduale pentru valorificarea complexă a materiei prime este și mult mai ușor de realizat decît după ce acestea s-au ejectat în atmosferă.

Pentru a realiza o producție nepoluantă există mai multe posibilități:

— alegerea sau pregătirea unor materii prime fără impurități;

— spălarea combustibililor;

— perfecționarea arderii combustibililor;

— ermetizarea instalațiilor în care se desfășoară procese de producție generatoare de pulberi și gaze;

— dirijarea pulberilor și gazelor spre instalațiile de epurare.

Încercînd să desprindem esența acestor modalități de reducere a poluării atmosferice se poate arăta că utilizarea în procesele tehnologice a unor materii prime și combustibili cu impurități reduse este o cerință impusă de buna exploatare a utilajelor de producție. Pentru a atinge acest deziderat este necesară o *anteprelucrare* a materiei prime și combustibililor reținînd sulful, cenușa, alte substanțe minerale. Combustibilii trebuie să fie spălați de impurități, pentru a fi utilizați pentru producerea energiei în diverse focare industriale și în tehnologie.

Cocsul metalurgic este preparat conform acestui deziderat pentru producția de fontă în siderurgie, iar minereul de fier este îmbogățit prin aglomerare. În ramura metalurgiei neferoase unde conținutul în metalul care este necesar să fie obținut este relativ redus în minereu (de exemplu cuprul este prezent în proporție de 0,6—1% în pirite) procedeele de concentrare de tip flotație sau pirometalurgice se aplică în trepte succesive pînă se ajunge la o îmbogățire corespunzătoare în componenta dorită (20—30% în cazul analizat al cuprului).

Pentru combaterea poluării provocate de arderile incomplete acțiunea de bază constă în perfecționarea arderii, pentru a se putea atinge raportul aer/combustibil corespunzător unei arderi avansate prin reglarea timpului arderii, a temperaturii și a debitului de aer de ardere.

În ultimul timp, folosirea de catalizatori în procesul de ardere (spirale de aliaje cu platină, nichel sau crom) și arderea în pat catalitic au permis scăderea temperaturii de ardere și prelungirea duratei de utilizare a pereților cuptoarelor de combustie.

În cazul gazelor, care nu se pot epura decît cu mari cheltuieli, unul din procedeele de reducere a efectului poluant, utilizat în industria termoenergetică, în industria acidului sulfuric, azotic ca și în industria cimentului, este evacuarea prin coșuri înalte. Se constată că concentrația gazelor revenite la sol c_{grs} poate fi redată de relația:

$$c_{grs} = \frac{ct}{I^4},$$

unde I — înălțimea de evacuare, ct — constantă.

Prin perfecționarea construcției de coșuri și a ventilatoarelor care refulează gazele pe coș „înălțimea efectivă de evacuare" depășește în prezent, în perioadele de vreme liniștită, cam cu 200 m înălțimea unui coș de 300 m. Astfel gazele „problemă" pot fi răspîndite în mase de aer, din ce în ce mai mari, realizîndu-se o diluare care asigură în final o concentrație de revenire la sol scăzută, sub nivelul concentrației maxime admisibile (c.m.a.) Desigur că mărirea în continuare a înălțimii coșului nu este o soluție economică: cheltuielile pe metru de coș se triplează aproape, cînd se depășește înălțimea de 200 m!

Epurarea gazelor, adică reținerea impurităților din gazele evacuate în atmosferă este desigur o metodă de mare eficiență în prevenirea poluării atmosferice.

În proiectarea și realizarea instalațiilor de epurare se au în vedere o serie de legi generale și particularitățile fiecărei uzine sau secții. Se iau în considerare:

— proprietățile gazului purtător (presiune, temperatură, debit, umiditate, compoziție, reactivitate, toxicitate);

— proprietățile impurităților din gaze (natură, compoziție, concentrație, reactivitate, capacitate de adsorbție, solubilitate, conductibilitate electrică).

Pentru epurarea particulelor solide se utilizează o serie de procese fizice: sedimentarea, filtrarea (mecanică, electrostatică) reținerea sonică etc. [13, 14].

Pentru a favoriza depunerea particulelor se procedează la reducerea vitezei curentului de gaz (sub 3—4 m/s) prin modificarea secțiunii conductelor și prin plasarea unor obstacole verticale sau plăci orizontale în tubul de curgere.

Introducerea unor suprafețe metalice în calea curentului de gaz are ca efect micșorarea, prin impact, a vitezei particulelor antrenate de gaz.

Aceste particule se depun pe suprafața metalică, iar moleculele gazului care le-a antrenat își continuă drumul în stare mai purificată. Modificînd forma suprafeței de impact și mișcarea dată moleculelor gazului, prin alegerea adecvată a valvelor de ghidaj, se ajunge la sistemul centrifugal de epurare cunoscut sub numele de *ciclon*. Acest sistem este cel mai eficient (între 60—85%) printre mijloacele de epurare din această categorie (v. fig. II.2). Particulele se depun pe partea tronconică a dispozitivului care este detașabilă, deci impuritățile se pot colecta și îndepărta. Se constată că procentul de epurare este minim pentru particulele de 1—2 μm și maxim pentru particulele de mărime superioară lui 20 μm.

Creșterea gradului de reținere a particulelor se realizează prin așezarea în succesiune a unor cicloane uscate și umede. În cazul ciclonului umed pe pereții cilindrului se scurge un lichid care ușurează reținerea particulelor ce impurifică gazul, acestea fiind antrenate la partea de jos ca un lichid vîscos, de aspect noroios.

Un sistem de epurare și mai complex corespunde separatorului de pulberi cu curent de aer, în care se com-

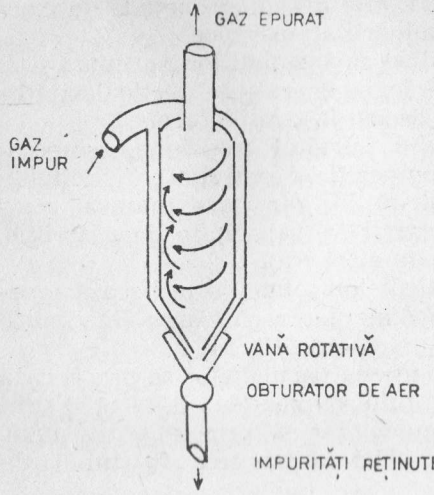


Fig. II.2. Ciclon.

bină principiul impactului, al inerției și mișcării centrifugale, iar forma obstacolelor este foarte variată: jaluzele, grile, inele conice concentrice etc.

Pentru epurarea particulelor micronice și submicronice se utilizează procedee care au la bază filtrarea, absorbția[24] și procedeele chimice bazate pe spălarea cu soluții reactive.

Natura filtrelor este diversificată, filtrele fiind saci confecționați fie din țesături textile (nylon, lînă, bumbac, hîrtie) azbest, silicon, fie din țesături grafitizate sau straturi filtrante din granule de material ceramic etc.

Cînd filtrele se îmbîcsesc (adică se colmatează) trebuie asigurată curățirea lor prin diverse procedee, pentru că îngreunează trecerea gazelor și provoacă mărirea rezistenței de curgere pentru circulația acestora.

[24] Procesul de absorbție, a impurităților și substanțelor toxice din atmosfera viciată într-un cartuș filtrant, stă la baza funcționării unui aparat individual foarte simplu de epurare a aerului: masca de gaze. Mulți din cei care susțin posibilitățile de „adaptare tehnică" ale omului la un mediu poluat cred că în marile orașe pietonii vor purta permanent asemenea măști! Titlul capitolului atenționează asupra condiției de bază pe care trebuie s-o îndeplinească aerul: „de a fi respirabil".

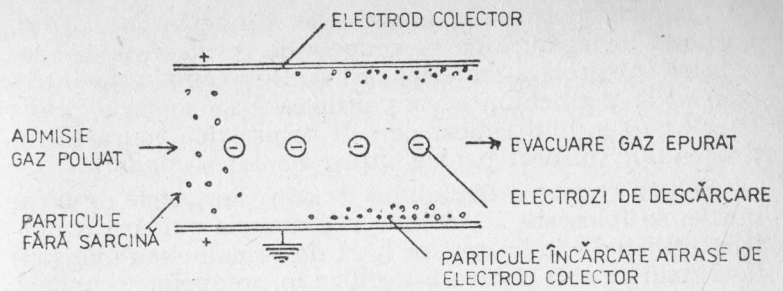


Fig. II.3. Schema unui electrofiltru.

Electrofiltrarea utilizează încărcarea electrică a particulelor dintr-un curent de gaze prin intermediul unui electrod (sub formă de vergea) conectat la o sursă de înaltă tensiune (10^4—10^5 V și 20—400 mA) și depunerea lor pe electrodul de colectare (sub formă de placă) situat la partea inferioară a electrofiltrului. Eficiența de reținere a particulelor cu dimensiuni micronice este superioară filtrajului obișnuit (90—99%) și anume este cuprinsă între 98—99,9% cu asigurarea unui randament de 100 000 m^3/min la temperaturi mari ale gazelor. Factorul temperatură ridicată este un impediment în funcționarea filtrelor mecanice. Procedeele de epurare bazate pe electrofiltrare se utilizează la reținerea cenușii, a prafurilor metalice în industria minieră, a cimentului etc.

Procedeele de epurare care utilizează spălarea au în vedere atît proprietățile de solubilitate ale impurităților în lichidul de spălare, cît și cele de sorbție, și reacțiile chimice probabile între lichidul de spălare, tipul de impurități și gazul purtător.

Astfel, pentru spălarea dioxidului de sulf, a hidrogenului sulfurat și dioxidului de carbon, se pulverizează sub formă de ploaie fină ape alcaline în contracurent cu gazele care se deplasează de jos în sus în camera de spălare.

Procedeele bazate pe adsorbție sînt și ele frecvent utilizate pentru epurarea gazelor, prin trecerea peste straturi adsorbante: de cărbune activat, silicagel, site moleculare.

Epurarea poluanților gazoși este din ce în ce mai importantă în legătură cu procedeele de recuperare și valorificare integrală a materiei prime. De exemplu, în întreprinderile petrochimice care utilizează ca materie primă țițeiul cu conținut ridicat de sulf se practică epurarea hidrogenului sulfurat pentru utilizarea lui secundară.

Pentru epurarea dioxidului de sulf din gazele de combustie, se folosește în special [14], metoda oxidării catalitice (utilizînd catalizatori pe bază de vanadiu sau mangan) la trioxid de sulf pentru a-l utiliza în producția secundară de acid sulfuric (așa cum s-a arătat, în principiu, în § II.1.2) sau sulfat de amoniu.

O altă modalitate de a micșora poluarea și de a proteja marile colectivități umane de noxe este gruparea pe categorii a surselor de poluare industriale în raport cu pericolul pe care-l creează în mediul înconjurător și amplasarea lor la o distanță de protecție sanitară de zona nepoluată.

Zonele tampon pot fi plantate cu specii de mare rezistență la poluare și variază ca întindere radială între 0,05—2 km. În cazul evacuării unor substanțe foarte nocive, rezultate din tehnologii de epurare cu eficiență redusă, se adoptă amplasarea *izolată* a obiectivelor industriale respective (cazul uzinelor unde se lucrează cu plumb, mercur, derivați fluorurați etc.).

Parte din metodele utilizate în reducerea poluării datorate mijloacelor de transport au fost deja amintite în capitolul II.1.

Pentru autovehicule se lucrează pe de o parte la echiparea acestora cu dispozitive electronice care să regleze admisia combustibililor în funcție de regimul de funcționare al motorului. Pe de altă parte, se urmărește reducerea emisiilor de gaze prin realizarea unei oxidări mai avansate a gazelor după combustie. În fine, se experimentează intens introducerea și a altor sisteme de propulsie pentru autovehicule, sau a unor sisteme cu alimentare mixtă benzină—gaz, mai puțin poluante.

Automobilelor electrice, care sînt mijloacele de transport cele mai puțin poluante, li se reproșează autonomia redusă (bateriile electrice asigură independența de deplasare pe o rază de numai 150—200 km).

Reducerea cantităților de poluanți emiși de unele motoare de avion este trecută, de asemenea, ca o problemă de prim ordin în ceea ce privește ridicarea performanțelor mijloacelor de transport aeriene, despre ale căror efecte cumulative de poluare s-a mai amintit în Cap. II.1.

III. APA — MAMA VIEȚII

Pămîntul are printre celelalte planete ale sistemului nostru solar niște particularități fericit îmbinate, referitor la dimensiuni și situare în sistem.

„Globul de tină", cum îl numea M. Eminescu, posedă o forță gravitațională suficient de mare pentru a reține un înveliș puțin dens de gaze (N_2, O_2 — majoritare) și se deplasează pe o orbită cu un regim de temperaturi care permite menținerea în cantități mari, sub diverse stări de agregare, dar mai ales ca lichid, a apei, substanța — mamă a vieții. După cum se cunoaște, diferitele stări de agregare ale unei substanțe se deosebesc prin tăria interacțiilor dintre molecule. Interacțiile dintre moleculele de apă, sînt asigurate de o forță intermoleculară de un tip aparte, puntea de hidrogen (v. fig. III.1).

Datorită învelișului electronic sărac și dimensiunilor sale reduse hidrogenul este capabil de a media interacțiunea cu doi atomi de oxigen de la două molecule de apă vecine.

Această legătură, cu caracter de punte, determină o ordonare structurală care în apa solidă (gheață) în preajma temperaturii de topire (0°C la 1 Atm) este de tip tetragonal. În apa lichidă, în funcție de temperatură, se pot în-

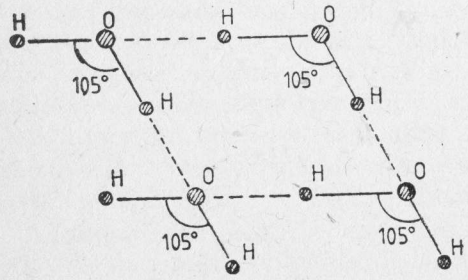


Fig. III.1. Rețeaua tridimensională a moleculelor de apă legate prin punți de hidrogen.

tîlni diverse asociații moleculare care corespund formulei generale de tip polimeric $(H_2O)_n$, unde $n=2—6$[1]. De fapt, sub formă de monomer apa nu există decît în stare de vapori.

III.1. Proprietățile de excepție ale apei

Aranjamentele structurale dependente de temperatură (și de presiune în stare solidă) determinate de legătura de hidrogen sînt cauza variației anormale a multor proprietăți fizice ale apei în funcție de acest parametru, cum ar fi densitatea, vîscozitatea, căldura specifică, căldura latentă de topire și vaporizare, tensiunea superficială etc. Aceste proprietăți au o importanță deosebită pentru dezvoltarea în apă a diverselor forme de viață.

De exemplu, densitatea apei are valoarea maximă la 4°C (luată ca valoare de referință în tabele) deoarece la această temperatură apa este un amestec de 30% trimer ($\rho=0{,}908$ g/cm^3) cu 70% dimer ($\rho=1{,}05$ g/cm^3).

După formula densității medii:

$$\rho=\sum_{i=1}^{2} c_i \rho_i$$

rezultă:

$$\rho H_2O(4°C)=0{,}30\times 0{,}908+0{,}70\times 1{,}05=1{,}00 \text{ g/cm}^3.$$

Densitatea gheții fiind mai mică decît a apei (densitatea gheții la 0°C=0,91 g/cm^3), cînd temperatura exterioară scade, crusta de gheață formată la suprafața superioară a întinderilor de apă se comportă ca o pătură protectoare în raport cu restul volumului acvatic, în care viața poate continua. Deci rîurile, fluviile îngheață doar la suprafață. Aceeași proprietate joacă însă un rol deo-

[1] Prezența cîtorva tipuri de asociate moleculare în apa lichidă este dovedită astăzi cu ajutorul unor metode fine de investigație, dar ea se impunea ca un fapt de necontestat încă din 1928, fiind sugerată de punctul de fierbere neobișnuit de mare al apei în comparație cu homologii ei: p.f. H_2O (100°C), H_2S (—60,2°C), H_2Se (—42°C) și de coeficientul de temperatură scăzut al energiei superficiale al apei în comparație cu lichidele normale (neasociate).

sebit în procesul de erodare al solului, alt factor important al mediului ambiant. În condițiile de temperaturi scăzute, cînd conform zicalei „este ger de crapă pietrele", mărirea în volum a apei, care îngheață în crăpătura rocii dure, acționează ca o pană care despică piatra.

Atît căldura latentă de topire (c_v=539,2 cal/g ~ 9,70 kcal/mol), cît și cea de vaporizare (80 cal/g= 1 940 kcal/mol) au valori ridicate pentru apă.

Și aceste proprietăți ale apei sînt determinate de diferențele de aranjare structurală caracteristice trecerii de la solid la lichid, sau de la lichid la vapori.

Aceste valori determină calitățile deosebite de mediu refrigerent ale apei.

Căldura specifică a apei este mult mai ridicată decît a substanțelor care au masa moleculară apropiată.

De exemplu:

$$M_{NH_3} = 17 \quad c_{pNH_3}^{15°C,1\ atm} = 0{,}536 \text{ cal/g·grd}$$

$$M_{H_2O} = 18 \quad c_{pH_2O}^{15°C,1\ atm} = 1{,}0 \text{ cal/g·grd.}$$

Din cauza acestei proprietăți întinderile de apă ale Terrei au un efect moderator asupra climei[2] și temperaturii organismelor care au un conținut ridicat în apă.

Tensiunea superficială, o proprietate semnificativă a lichidelor, este de asemeni, în cazul apei, mare în raport cu valoarea așteptată pentru o substanță cu masă moleculară redusă, fapt datorat tot asociației moleculare prin punți de hidrogen [21]:

$$\sigma_{H_2O \text{ la } 20°C} = 72{,}7 \cdot 10^{-3} \text{ N/m}$$

---

[2] Pe baza ecuației de bază a calorimetriei $Q_{\text{cedat apă}} = Q_{\text{absorbit de subst.}}$, unde $Q_{\text{cedat}} = v_{\text{apă}} \rho_{\text{apă}} \cdot C_{p_{\text{apă}}} \cdot \Delta t_{\text{apă}}$

$$Q_{\text{absorbit de aer}} = v_{\text{aer}} \cdot \rho_{\text{aer}} c_{p_{\text{aer}}} \cdot \Delta t_{\text{aer}}$$

luînd din tabele [20] setul de valori:

$\rho_{\text{apă}}$=1,0 kg/l; ρ_{aer}=1,293 g/l; $c_{p_{\text{aer}}}$=0,240 cal/g·grd. pentru $v_{\text{apă}}$= 1 m³ și Δt=1 grad se obține:

$$v_{\text{aer}} = \frac{1\,000}{0{,}24 \cdot 1{,}293} = 3\,222{,}4 \text{ m}^3$$

Deci un m³ de apă răcindu-se cu 1° ridică temperatura a 3 222,4 m³ aer cu 1°!

Valoarea acestei proprietăți este puternic influențată de temperatură și condiționează forțele de capilaritate.

Astfel, la o temperatură dată, mărimea denivelării capilare h (ascensiunea capilară pentru lichidele care udă pereții vasului, respectiv coborîrea capilară pentru lichidele care nu udă pereții vasului) este dată de legea lui Jurin:

$$h = \frac{2\sigma}{r \cdot \rho \cdot g}$$

în care r — raza capilarei, ρ — densitatea lichidului și g — accelerația gravitațională.

Rezultă că proprietățile corelate cu tensiunea superficială a apei și soluțiilor apoase vor fi determinante pentru circulația materiilor nutritive în corpul plantelor!

Și alte proprietăți ale apei cum ar fi constanta dielectrică (ε=80 la 20°C)[3] și momentul de dipol[4] (μ_{H_2O}=1,87 D la 20°C) sînt importante pentru a explica faptul că apa nu este disociată și deci nu conduce curentul electric în stare pură, respectiv polaritatea mare a apei din care decurge capacitatea ei mare de solvatare, de emulsionare și de spălare. Sistemele apoase, soluții adevărate sau coloidale, sînt din această cauză extrem de răspîndite în natură, participînd la majoritatea proceselor vitale.

---

[3] Constanta dielectrică este o mărime adimensională caracteristică pentru o substanță, fiind definită ca raportul între capacitatea electrică a unui condensator care are între armături substanța respectivă și capacitatea aceluiași condensator cînd între armături este vid.

[4] Momentul de dipol reflectă o asimetrie a distribuției sarcinilor electrice în moleculă. În cazul moleculei diatomice $\mu = e \cdot r$, unde e — sarcina electronului și r — distanța ce separă centrul sarcinilor negative de al celor pozitive. Valoarea momentului de dipol determină caracteristici de solubilizare, de reacție ale substanței. Deci, determinarea experimentală sau calculul pe baze teoretice al acestei mărimi prezintă un interes deosebit, reflectînd relația: structură—proprietăți [17, 19].

III.2. Cîtă apă avem pe Terra?

Evaluări ale repartiției actuale a apei terestre după stările de agregare arată că din totalul de $1\,400 \cdot 10^6$ km^3 [5] (reprezentînd 100%) sub formă de lichid[6] se include o cantitate de apă care corespunde la 97,42%, în gheţuri sînt cuprinse doar 2,57%, iar sub formă de vapori doar $1 \cdot 10^{-5}$ %. În perioada de formare a globului terestru, proporţia corespunzătoare apei sub formă de vapori a avut o pondere mult mai mare, iar în perioadele de glaciaţiuni, proporţia de apă în gheţari a fost mult mai semnificativă decît astăzi[7].

[5] Pentru a avea o imagine despre mărimea acestei cantităţi să calculăm lungimea unui „lanţ" ce s-ar obţine dacă moleculele conţinute de acest volum de 1 400 km^3 sînt aşezate în linie, una în contact cu alta (considerate sferice). Diametrul moleculei de apă este $d = 3 \cdot 10^{-10}$ m, iar distanţa Pămînt—Soare la periheliu este egală cu $L = 147 \cdot 10^6$ km [22]. De cîte ori poate fi acoperită distanţa Pămînt—Soare cu acest lanţ molecular?

Pentru rezolvarea acestei probleme calculăm întîi numărul de molecule de apă aflate în masa de $1{,}410^{18}$ kg (corespunzătoare volumului dat pentru densitatea de 1 kg/l):

$$N_{H_2O} = \frac{m \cdot N_A}{M_{H_2O}} = \frac{1{,}410^{18} \cdot 6{,}02 \cdot 10^{26}}{18}$$

Apoi lungimea lanţului imaginar:

$$L' = N_{H_2O} \cdot d = \frac{1{,}410^{18} \cdot 6{,}02 \cdot 10^{26} \cdot 3 \cdot 10^{-10}}{18}$$

şi, în fine, numărul de „lanţuri" este impresionant:

$$n = \frac{L'}{L} = \frac{1{,}410^{18} \cdot 6{,}02 \cdot 10^{26} \cdot 3 \cdot 10^{-10}}{1{,}47 \cdot 10^{11}} = 17{,}2 \cdot 10^{23}$$

[6] Dacă toată apa planetei ar fi în stare lichidă aceasta ar corespunde unui strat de 2 765 m grosime.

[7] Variaţiile în echilibrul dinamic între apa din oceane, atmosferă, gheţari, calotele polare şi din rîuri pot fi prezise prin aplicarea principiului binecunoscut al deplasării echilibrului al lui Le Chatelier. Deoarece:

$$H_2O_{(solidă)} + \text{căldură} \rightleftarrows H_2O_{(lichidă)} \quad (9{,}70 \text{ kcal/mol})$$

şi

$$H_2O_{(lichidă)} + \text{căldură} \rightleftarrows H_2O_{(gazoasă)} \quad (1\,940 \text{ kcal/mol})$$

Din cantitatea de $1\,364 \cdot 10^6$ km^3 de apă lichidă apele dulci (gheţari şi ape lichide) care sînt direct utilizate de om, floră şi faună reprezintă doar 2,57%. Această infimă parte este şi cea mai vulnerabilă la poluare!

Repartiţia apelor dulci lichide se poate indica prin următorul tabel:

Tabelul III.1

Ponderea relativă a apelor dulci (lichide)

Tipul apei		*Cantitatea [km^3]*	*[%]*
Ape subterane		150 000	30
Ape de suprafaţă	staţionare	250 000	50
	curgătoare	100 000	20

Apele dulci sînt diferit mineralizate în raport cu apele oceanului planetar şi anume în primele predomină carbonaţii (79,9%), iar în celelalte clorurile (88,8%). Diferenţierea menţionată este datorată ciclului fizic al apei şi regimului precipitaţiilor deasupra continentelor şi deasupra oceanului planetar.

După zona geografică, abundenţa locală a apelor dulci este foarte variată, dar în prezent se consideră că aproape 1/3 din suprafaţa uscatului întîmpină dificultăţi permanente în asigurarea apei potabile. În activitatea de asigurare a consumului crescător al marilor colectivităţi umane trebuie să se aibă în vedere posibilităţile de re-

ne putem aştepta că la încălzirea climei cantitatea de căldură disponibilă deplasează ambele echilibre spre dreapta, scăzînd cantitatea de apă din gheţari şi din calotele de gheaţă polare astfel că presiunea vaporilor de apă din atmosferă va creşte rezultînd o climă umedă. Dacă calotele glaciare din Groenlanda şi Antarctica s-ar topi complet, s-a calculat [54] că nivelul apei oceanului planetar ar creşte cu 91,5 m.

Este posibil ca o serie de mituri, legende şi pasajele din *Biblie* despre Potop şi Arca lui Noe să descrie epopeea unei topiri parţiale a gheţarilor după o epocă de glaciaţiune cînd nivelul mării ar fi crescut cu 31,5 m!

cuperare pe cale naturală care impun ca din rezerva de apă subterană să nu se utilizeze mai mult de 1/10 din volum!

Prelevările din apele de suprafață, relativ constante, sînt în neconcordanță cu variația sezonieră a debitelor, determinată de factorii climatici. S-a ajuns la concluzia că disponibilul de apă este cantitativ cam de $20 \cdot 10^3$ km^3 de apă, adică 4% din totalitatea apelor dulci lichide, ceea ce impune un consum foarte economic. Poluarea micșorează în continuare volumul util de apă, astfel că lupta pentru combaterea poluării apelor are o semnificație deosebită în acest context, fiind o componentă esențială a luptei pentru ridicarea calității vieții.

III.3. **Poluanți în ape**

Menținerea purității apei în cadrul natural înseamnă menținerea conținutului de săruri și gaze, de organisme și microorganisme specifice unei ape naturale nealterate.

Calitățile apei utilizate de om variază în funcție de utilizări și rezultă din schema III.1.

În acest context este interesant de semnalat că ciclul generat de utilizarea apei pentru nevoile omului modern are următoarele faze:

I. preluarea de la sursă;
II. corectarea calității după cerințe;
III. utilizarea apei;
IV. restituirea apei.

Volumul apelor prinse în acest ciclu artificial este azi în continuă creștere și reprezintă o parte semnificativă din cel al apei dulci, integrată în ciclul natural. Din ce în ce mai des se constată azi că ritmul de regenerare spontană a calității apei este prea lent. A apărut o întreagă industrie a preparării acestui produs vital care este apa. Se construiesc instalații de tratare, de recirculare, prind viață proiecte grandioase de transfer a apelor între diverse zone geografice cu ajutorul unor sisteme complexe de baraje, canale, se exploatează ghețarii, se produc în mod programat ploile artificiale. Iată cîteva componente ale acestei industrii care asigură produsul industrial numărul unu: apa.

Schema III.1

Relația utilizare-cerințe de calitate ale apei

Utilizare	*Cerințe de calitate*
1. Ca apă potabilă	În R. S. România prin STAS 1342/1971 sînt prevăzute caracteristicile organoleptice, fizice, chimice, radiochimice, biologice, bacteriologice. Satisfacerea acestor condiții de potabilitate este necesară și în industria piscicolă și alimentară.
2. Ca agent de răcire	Limitarea suspensiilor și substanțelor corozive.
3. Pentru irigații	Limitarea unor săruri și a substanțelor toxice.
4. Pentru diverse procese industriale	Caracteristici fizico-chimice specifice pentru procesele respective (puritatea maximă pentru producția de preparate farmaceutice).
5. Pentru cazanele de abur[8]	Limitarea strictă a conținutului de săruri, absența dioxidului de carbon și a oxigenului dizolvat.

Prin poluarea apelor se înțelege, conform concluziilor conferinței internaționale privind această problemă (Geneva 1961), „modificarea compoziției sau stării apelor unei surse survenită ca urmare a activității omului astfel încît apele devin mai puțin adecvate tuturor sau numai unora dintre utilizările pe care le pot căpăta în stare naturală“ [12]. În țara noastră, prin legea nr. 8/1978, for-

[8] Pentru a obține o imagine asupra cerințelor de apă în această direcție, se poate arăta că o centrală termică cu o putere de 500 000 kW are nevoie de 1 000 m^3 de apă evaporabilă pe oră (definitiv retrasă din circulație naturală [4]). Dintr-un calcul simplu poate să reiasă volumul de apă necesar numai pentru termocentrale!

mularea foarte riguroasă a noțiunii de poluare accentuează esența noțiunii „degradarea surselor de apă ca urmare a activităților umane“[9] în așa fel încît să se poată stabili responsabilitatea celui care provoacă acest prejudiciu societății.

Poluantul este definit ca „o substanță, un microorganism sau un transfer de energie care produce poluare“.

Un oraș, sau un complex industrial, care posedă mai multe guri de evacuare a apelor uzate și halde de reziduuri, reprezintă un generator de poluări multiple.

Apa uzată, cu caracteristici modificate, este eliminată ca *efluent* într-un curs de apă, care transportă poluanți și este numit *emisar*. În gospodărirea apelor și lupta contra poluării trebuie avut în vedere faptul că *bazinul hidrografic*, adică teritoriul drenat de un curs de apă cu toți afluenții săi, „este o unitate naturală indivizibilă“ și, deci, bilanțul apelor și proveniența poluării se pot examina și influența numai printr-o cooperare regională sau (după caz) internațională. Evaluarea fenomenelor de poluare este posibilă dacă se cunosc concentrațiile de poluanți, debitele surselor de poluare și ale emisarilor.

Poluanții prezenți în ape sub formă de suspensii sau soluții multicomponente se pot încadra în următoarele categorii mai importante:

— substanțe organice, reziduuri biologice;
— substanțe anorganice;
— substanțe radioactive;
— produse petroliere;
— microorganisme patogene;
— ape fierbinți.

Aprecierea calității unei ape și totodată a stadiului ei de poluare se poate face după diverse criterii, multe cu caracter calitativ. Un exemplu este *criteriul faunei piscicole*. Ecosistemul din care fac parte peștii este complex și sensibil. La apariția condițiilor de viață nefavorabile peștii migrează sau mor dacă schimbările au intervenit brusc.

În apele curgătoare compoziția populației piscicole depinde de viteza de curgere (pantă), temperatura apei, *p*H-ul[10] între 7—8 etc. Or, în regiunile industriale este dificil de a menține toți acești parametri constanți.

[9] *La lutte contre la pollution des eaux douces*, Ed. Eyrolles, Gauthier Villas, 1970.

III.4. Starea de poluare a rîurilor, lacurilor și oceanelor oglindită în exemple care dau de gîndit

Dacă accidentele înregistrate în bazinele hidrografice ale unor rîuri (vezi cazul Rinului[11] în 1969 conform relatărilor din „Scînteia“ din 27 iunie și 12 septembrie 1969) au elemente de spectaculos și au scos atît opinia publică, cît și organismele interstatale din amorțire, ele au dovedit în același timp cît de importantă este cunoașterea avansării gradului de poluare al rîurilor prin metode cantitative.

Pentru măsurarea dinamicii poluării se utilizează paleta bogată de metode *fizico-chimice de analiză* (pentru determinarea atît a poluanților cît și a conținutului total de poluanți anorganici și organici, a oxigenului dizolvat), *analiza biologică* (care evaluează poluarea prin compararea vieții din apele uzate cu cea din apele poluate. Fenomenul care se constată este scăderea numărului speciilor și creșterea numărului de indivizi, din speciile rezistente), *analiza bacteriologică* (care urmărește identificarea diferiților germeni patogeni) și probe *toxicologice* (Pentru stabilirea nocivității[12] poluanților se determină *dozele li-*

[10] *p*H-ul permite indicarea conținutului în ioni de hidrogen al unui mediu conform relației: *p*H=—lg [H]. Această mărime în sisteme apoase variază între 0—14 la 25°C. Pentru ape naturale *p*H-ul variază între 6—8,5.

[11] Rinul a suferit în acel an poluări accidentale prin endosulfan (un insecticid organoclorurat), care au cauzat dispariția a 20 milioane de pești!

[12] În 1959, în Laboratorul de Igienă al orașului Paris, în cursul unor cercetări pentru izolarea unor viruși prin însămînțare și numărarea distrucției celulare s-a văzut că, din cauza toxicității directe a apei, aceste încercări nu se reproduc în serie. Pe 3 100 probe, executate pînă în 1966, pentru a verifica această observație se constată că un extract de apă din 5 este direct to-

mită de supraviețuire și *dozele mortale etalon* pe diferite specii de pești sau crustacee, care au sensibilitate foarte mare la schimbarea condițiilor biotopului.)

Numai corelarea rezultatelor acestor metode de analiză poate să dea o imagine asupra evoluției fenomenului poluării dacă au fost îndeplinite condițiile de recoltare directă și conservare adecvată a probelor, de standardizare și comparabilitate a determinărilor.

Astăzi, sînt necesare lucrările de sinteză a datelor despre dinamica fenomenelor de poluare la nivelul statelor și colaborarea la nivelul organismelor interstatale pentru a preveni poluarea, pentru înlăturarea cauzelor care o provoacă.

Sursele de poluare ale apelor se caracterizează printr-o mare varietate și pot produce poluare *concentrată* în locuri bine delimitate (conducte de canalizare, rampe de descărcare) sau determină poluarea unor arii întinse, dificil de delimitat (terenuri agricole și miniere în exploatare). După caracterul activității însoțite de poluare se pot deosebi surse cu activitate *permanentă* (canalizarea orașelor), *discontinuă* (fabrici de ulei care lucrează sezonier), *temporară* (o navă în deplasare)[13] și *accidentală* (avarii în instalațiile industriale). După intensitatea și complexitatea surselor, pe locul întîi se situează poluarea cauzată de deversările de ape uzate menajere și orășenești. Acestea sînt comparabile, din punct de vedere al debitelor, pentru marile aglomerări urbane, cu cele ale emisarilor în care sînt deversate[14].

xic asupra materialului celular (L. Coin, C. Hannouin, J. C. Trimoreau în: *Water Pollution Research*, 1969, p. 95).

[13] Pentru un oraș de 1 500 000 locuitori ~ (ca orașul București) socotind un volum de ape menajere de 150 l/locuitor, se obține un volum total de ape menajere uzate de $225 \cdot 10^3$ m³/zi, în timp ce volumul de apă scurs pe Dîmbovița într-o zi este de $226 \cdot 10^5$ m³ (v. *Anuarul Hidrologic*, 1972. Institutul de Meteorologie și Hidrologie, București, 1976).

[14] Marea Mediterană are un grad înalt de poluare datorită faptului că traficul de nave este deosebit de intens: în medie 2 000 nave/zi. Din aceeași cauză sînt grav poluate apele coastelor Bretaniei, Canalului Mînecii, Mării Nordului [4] estuarul rîului Hudson [12].

Apele uzate menajere și orășenești au un conținut mare în substanțe organice. Pentru stabilirea conținutului global de substanțe organice biologic degradabile (aflat în relație directă cu posibilitățile de autoepurare ale apelor respective) se folosește ca indice standardizat *consumul biologic de oxigen după cinci zile*, notat CBO_5. Acest indice este definit prin numărul de grame de oxigen consumat pentru oxidarea substanțelor din apa respectivă cu ajutorul microorganismelor după cinci zile la 18°C.

Pentru determinarea lui se urmărește în laborator, în condiții standardizate, activitatea microorganismelor asupra substanțelor organice.

În direcția evaluării riscurilor pe care le prezintă o anumită cantitate de poluanți, deversată sistematic într-un rîu s-au făcut studii[15] asupra distribuției oxigenului dizolvat în întinderile de rîuri nepoluate. Aceste studii vizează prezicerea distribuției oxigenului dizolvat, pe baza datelor despre intensitatea luminii, temperatură, cantitatea de plante acvatice, conținutul de oxigen inițial, viteza proceselor de fotosinteză și de respirație a plantelor.

Procesul care guvernează variația cantității de oxigen dizolvat între 2 stații de observație pe rîu, (neglijînd amestecarea longitudinală), este exprimat prin relația:

$$Q = \frac{F}{S}(C_2 - C_1) = P_B + P_P - R_N - R_B - R_P + D$$

unde:

Q — viteza variației cantității de oxigen exprimată în g/m²·h; F — debitul rîului m³/h; S — suprafața (m²); C_1 și C_2 concentrațiile de oxigen la stațiile 1 și 2 la timpul t_1 și t_2 unde $t_2 - t_1$ perioada de retenție a întinderii; P_B și P_P sînt cantitățile de oxigen produse prin fotosinteză de către plantele din rîu și fitoplancton, exprimate în g/m²h; R_N, R_B și R_P sînt consumul de oxigen de către depozitul de nămol; plante, respectiv organisme aflate în suspensie (g/m²h); D — oxigenul adus prin difuzie de la suprafața apei (g/m²h).

[15] M. Owens, G. Knowles, Anne Clark, *Predicția distribuției oxigenului dizolvat în rîuri*. Adv. in Water Poll. Research, 1969, p. 125.

Diferitele componente ale procesului au fost evaluate astfel:

$$P_B = a_1 I^{b_1}$$

unde: I — intensitatea radiației solare la suprafața apei (cal/cm^2·h);

— a_1 și b_1 sînt coeficienți care sînt cuprinși în intervalele:

$$0{,}270 > a_1 > 0{,}06,$$

$$0{,}424 < b_1 < 1{,}26;$$

— $R_N = a_3 C^{b_3}$, unde $a_3 \sim 0{,}033$, $b_3 \sim 0{,}6$ } la 15°C

— $R_B = 0{,}75 \cdot 10^{-3} M C^{0{,}30}$ unde M — biomasa plantelor cu rădăcini (g produs uscat/m^2); C — concentrația oxigenului (mg/l).

În rîuri nepoluate P_P și R_P sînt neglijabile, iar cantitatea oxigenului schimbat între apă—aer poate fi descrisă astfel:

$$D = 1{,}024^{(T-20)} \cdot 0{,}508\, U^{0{,}67} H^{-0{,}85} (C_5 - C),$$

unde T — temperatura apei; U — viteza medie cm/s; H — adîncimea (cm); C_S — concentrația de oxigen la saturație (mg/l); C — concentrația oxigenului în lichid (mg/l).

Timpul de retenție este determinat ca timpul de trecere al trasorului de debit[16] între cele 2 stații.

Rezultă că schimbările de temperatură vor afecta distribuția oxigenului dizolvat în rîu din cauză că modifică viteza de consum a oxigenului de către nămol și plante și de asemenea afectează difuzia oxigenului de la suprafața apei. Producerea de oxigen prin fotosinteză este relativ independentă de temperatură, pe cînd lumina este un factor limitativ.

O generalizare foarte importantă, care se degajă din aceste studii, este că prin respirația lor plantele acvatice pot afecta concentrația minimă de oxigen dizolvat într-un rîu. Îndeosebi în perioadele călduroase (în care debitul e scăzut) și liniștite (fără mișcări de aer) se poate ajunge

[16] Trasorul trebuie să fie o substanță ușor identificabilă, care se introduce într-o anumită proporție într-un punct dat și se determină apoi concentrația ei pe teren. Trebuie studiată în amănunt difuzia trasorului în funcție de condițiile de curgere. Trasorii radioactivi cu timp de înjumătățire mic sînt în prezent foarte utilizați. Trasorii fluorescenți, de exemplu sarea de sodiu a fluoresceinei, care se detectează relativ ușor în soluție apoasă se întrebuințează de asemenea în astfel de scopuri.

la o pronunțată dezoxigenare a apei, chiar într-un rîu în care nu avem deversări de ape industriale.

Cercetători polonezi[17] au făcut observații asupra modului în care decurge procesul de autopurificare în fluviul Odra. Acest fluviu are cursul de apă canalizat în sezonul de navigație și este un rîu cu curgere liberă în perioada cînd navigația este interzisă. Aceste circumstanțe au permis să se stabilească diferențele de autopurificare într-un curs de apă liberă în timpul perioadelor de îngheț sau al perioadelor de vară. Pe parcursul a 264 km au fost stabilite 120 stații de control, s-au luat 1 440 probe. Timpul de trecere a fost determinat prin metoda trasorului radioactiv ^{82}Br. Datele obținute au fost analizate în acord cu criteriul consumului de oxigen.

Autopurificarea suprafeței unui debit de apă este un fenomen natural complex cu aspecte fizice-chimice și biologice variate. Acest proces are o semnificație deosebită în rîurile canalizate, care se caracterizează prin existența unui curs artificial cu adîncime crescută de navigație, pantă și viteză de curgere micșorate. Condiții favorabile navigației se creează prin diverse mijloace: urcarea nivelului rîului prin stăvilare, prin construcția unor tuneluri de trecere a vaselor cu ecluze etc.

Influența canalizării asupra procesului de autopurificare, după studiile din anii 1950—1955, este binefăcătoare. Studii mai noi arată că diferitele structuri, care ridică nivelul rîului, pot avea influență variată, pozitivă sau negativă, asupra procesului de autopurificare. Pentru a putea compara datele din diverșii ani se acceptă datele pentru autopurificare exprimate în funcție de valoarea consumului de oxigen.

Concluzia care se degajă din acest studiu este că ridicarea nivelului fluviului și introducerea structurilor necesare pentru navigație în perioadele de primăvară și toamnă are, în final, o influență negativă asupra procesului de autopurificare, micșorînd viteza procesului respectiv.

S-a admis, ca o modalitate de caracterizare a poluării rîurilor prin apele uzate orășenești, noțiunea de *locuitor*

[17] H. Manczak, *International Association of Water Pollution Research*, 1969, p. 1.

echivalent care reprezintă media pe locuitor a poluanților organici biodegradabili. Această mărime este relativ constantă — după cum au arătat-o observații repetate — pentru un anumit grad de urbanizare. În Europa se constată că această mărime corespunde la 54 g CBO_5/om·zi. Pe baza volumului de ape uzate pe locuitor·zi și a noțiunii de locuitor echivalent se poate stabili încărcarea medie cu substanțe organice a apelor menajere:

$$\text{încărcarea medie a apelor menajere} = \frac{\text{valoarea locuitor echivalent}}{\text{volum ape uzate/om·zi}} =$$

$$= \frac{54 \text{ g } CBO_5/\text{om·zi}}{150 \text{ l/om·zi}} = 0{,}33 \text{ g/l}$$

Avînd în vedere volumul total de ape menajere la un oraș de 1,5 milioane locuitori, calculat anterior, se obțin 81 t CBO_5 evacuate ca impurități, într-o zi, în apele respective.

Volumul apelor uzate industriale este, în general, cu 70% mai mare decît al apelor menajere orășenești, iar încărcarea și nocivitatea lor este cu mult mai mare. În prezent, „paleta" de poluanți s-a diversificat enorm, ca o consecință a creșterii industriale spectaculoase din ultimele decenii.

Cunoașterea amănunțită a poluării apelor, determinată de industrie impune examinarea tehnologiilor utilizate și a metodelor de înlăturare (reducere) a poluanților.

Se poate face o sistematizare a efluenților industriali după tipul de încărcare:

I — predominant organică;
II — mixtă (organică și anorganică);
III — anorganică.

Astfel în industria alimentară se folosește apa de înaltă calitate (v. schema III) și în cantități mari, iar efluenții proveniți din acest sector conțin o varietate de substanțe organice biodegradabile de concentrații mai mari decît ale apelor menajere, cu care se pot amesteca înainte de epurare avînd în vedere această caracteristică de încărcare comună.

Efluenții din industria alimentară pot fi valorificați pentru irigații. În schimb efluenții din industria pielăriei

și produselor animale au o încărcare mixtă și se pot amesteca cu apele orășenești numai după îndepărtarea elementelor cu nocivitate mare prezente în acest gen de ape: cromul, sulful, arseniul. Același tip de probleme se pun și în cazul efluenților de la fabricile de textile.

Apele uzate provenite de la complexele de creștere a animalelor pun probleme deosebite de epurare datorită marii lor încărcări organice.[18]

Industriile de celuloză, hîrtie, plăci fibrolemnoase se caracterizează prin efluenți cu încărcare organică mare cu substanțe (aflate sub formă de suspensii) lent biodegradabile prin consumarea oxigenului dizolvat.

Industria chimică organică de mic tonaj, aflată în continuă diversificare din punct de vedere al produselor finite, se caracterizează și printr-o mare varietate de poluanți (peste $5 \cdot 10^5$ substanțe organice poluante înregistrate!) cu toxicitate avansată.

În acest domeniu, ca și în industria petrochimică, eforturile pentru epurarea apelor uzate trebuie să reprezinte o parte tot mai semnificativă a costului investiției inițiale, avînd în vedere problemele dificile de dozare și înlăturare a poluanților specifici, unii cu biodegradabilitate foarte redusă.

---

[18] Cererea de consum de carne și produse de carne a stimulat dezvoltarea sistemelor de creștere a animalelor de tip intensiv, în spații limitate, cu o dietă și condiții de mediu astfel calculate ca să se obțină un spor maxim de greutate în minimum de timp. Reziduurile animale numite și dejecții (amestec de fecale și urină), a căror cantitate și natură depind de mărimea animalului, dieta și metabolismul său sînt îndepărtate de pe pardoseala adăposturilor de obicei, prin jet de apă sub presiune, în rețeaua de canalizare, ca ape uzate. Se poate evalua printr-un calcul simplu volumul de ape uzate pentru un complex de porcine de 15 000 capete, avînd în vedere că un porc adult produce 7—8 l dejecții pe zi și că apa de spălare mărește de 6—10 ori volumul inițial al reziduurilor (v. V. Chiriac, V. Ghederim, V. I. Ionescu-Sisești, C. A. L. Negulescu, *Epurarea apelor uzate și valorificarea reziduurilor din industria alimentară și zootehnie*, Edit. Ceres, București, 1977, p. 48). Se obține un volum total de dejecții de 100—120 m^3/zi, respectiv un volum de ape uzate de 1 000—1 200 m^3/zi cu o încărcare de 3 300—4 000 kg CBO_5.

Industria petrolului reprezintă capul de afiș al poluării difuze provocată, pe arii largi, de către efluenții de la foraj-extracție din rafinării, transportul și depozitatea produselor. În primul caz este vorba de o poluare de mare persistență cu petrol, clorură de sodiu și diverse substanțe chimice, utilizate în procesul de rafinare.

Produsele industriei anorganice (inclusiv industria materialelor de sticlă) nu sînt atît de diversificate ca cele caracteristice industriei organice, dar sînt în funcțiune unități cu capacități mari de producție, de ordinul a 10^5 mii t/an), care produc o poluare persistentă cu produse toxice, greu epurabile, avînd efecte distructive asupra florei și faunei.

Apele uzate din *industria minieră* și *metalurgică* conțin în special poluanți anorganici, toxici, dizolvați sau în stare de suspensie.

În sectoarele în care se dezvoltă tehnica nucleară sînt necesare precauții deosebite deoarece efluenții conținînd substanțe radioactive pot declanșa „poluări în cascadă" [23, 27].

În fine, coloana vertebrală a industriei, termoenergetica, produce poluarea rîurilor, lacurilor prin faptul că deversează ape fierbinți.

Reiese, ca o judecată de valabilitate generală, ideea că proiectanții de tehnologii trebuie să se orienteze spre alegerea procedeelor care produc reducerea încărcării efluenților, să acorde o atenție maximă epurării apelor pe care le deversează. Este necesară cooperarea între organele tehnice, care avizează investițiile întreprinderilor care constituie surse de poluare multiple și organele responsabile de protecție a mediului. Această cooperare vizează strategia pe termen lung a luptei împotriva poluării pentru îngrădirea acestui fenomen, satelit nefast al civilizației. Aceasta cu atît mai mult, cu cît utilizarea tot mai intensă a chimicalelor în viața de toate zilele: detergenți, lubrifianți, pesticide, petrol etc., amplifică poluarea difuză cu tot cortegiul ei sumbru de probleme. Dintre consecințele cele mai supărătoare se poate menționa concentrarea unor substanțe toxice în lanțurile metabolice ale florei și faunei, ajungînd prin lanț trofic în final la om. Un exemplu nefast este descoperirea în 1970 a poluării

multiple a apelor lacului Erie (S.U.A.)[19] sau apariția bolii Minamata[20] în insula japoneză Kyushu în urma poluării cu mercur din efluenții proveniți din industriile electrotehnică, farmaceutică, îngrășăminte, de pesticide[21], pigmenți, mase plastice și hîrtie.

[19] În regiunea Marilor Lacuri, pe țărmurile lacului Erie, în ultimele două secole s-au construit o seamă de orașe mari cu o industrie diversificată, cu întreprinderi de pescuit rentabile. Indesirea populației riverane, pînă la 13 milioane, a coincis, din păcate, cu creșterea gradului de poluare al lacului, pînă la grava tulburare a echilibrului ecologic.

Primele indicii asupra acestui fapt datează de la începutul secolului 20, cînd pescarii au constatat dispariția treptată a speciilor valoroase de pești [1, 3]. Aceste specii, caută în cursul verilor fierbinți adăpost în apele mai reci de la fundul lacului. Or, din cauza încărcării organice mari acumulate pe fund, încărcare care necesită un consum de oxigen ridicat, și a slabei circulații pe verticală, cantitatea de oxigen dizolvată în apă era insuficientă pentru asigurarea condițiilor de viață necesare pentru aceste specii.

Apoi, sărurile conținînd azot și fosfor, acumulate din *deversările multiple* în apa de fund, au creat un excelent mediu nutritiv și au determinat înmulțirea fără precedent a populației de alge, care au o viață scurtă și după moarte produc încărcarea suplimentară cu substanțe organice din care o parte se acumulează pe fundul lacului. Procesul acesta numit *entrofizare* sau *suprafertilizare* este cauza măririi deficitului de oxigen din lac, în continuare. Viteza schimbărilor entrofice din lacul Erie poate fi apreciată și prin prisma evoluției numărului de alge per mililitru: 100 (1927), 800 (în 1945), 2 500 (în 1964) [1]. Se apreciază că declanșarea proliferării algelor este favorizată de procedeele de tratare a apelor uzate, proiectarea stațiilor de tratare respective fiind greșită din punct de vedere ecologic!

[20] Minamata este numele unei vechi familii japoneze. Intre anii 1955—1965 în insula Kyushu s-au înregistrat peste 40 de victime ale unei boli numite astfel, datorată faptului că peștele și crustaceele, care constituiau baza alimentației populației, conținea mercur.

[21] Importanța fosforului în producerea înfloririi algelor a condus la sesizarea faptului că este necesar să se indice în stan-

Pericolul pe care-l prezintă poluarea difuză constă în compromiterea apelor subterane: astfel în R.F.G. și Austria, în 1966, s-au constatat poluări masive ale acestor ape, datorate distrugerii prin bombardamente, în timpul celui de al doilea război mondial, a rezervoarelor de combustibil îngropate [1].

Oceanul planetar suferă o gravă poluare difuză din cauza transportului maritim al produselor petroliere. Se precizează că numai prin efectuarea operațiilor de întreținere a motoarelor și spălare a cisternelor se deversează în mare anual $8 \cdot 10^6$ t petrol. La acestea se adaugă poluarea datorată accidentelor marilor petroliere. Un exemplu foarte des citat[22]: la scufundarea petrolierului Torrey Canyon în martie 1957, 150 000 t petrol s-au deversat în Canalul Mînecii. Datorită nemiscibilității petrolului cu apa și diferenței mari între tensiunile superficiale ale celor două lichide o tonă de petrol se poate întinde la suprafața apei pe o suprafață de 10—12 km^2 [23], constituind

darde limitele de concentrație ale acestui element. Din studiile privind relațiile între cantitatea de fosfor și alge a reieșit utilizarea mai eficientă a fosfaților de către alge (microcyetis aeruginosa) în apa de lac decît în apa pură, fapt datorat sărurilor anorganice, în special de Mg^{2+} în apa lacurilor, și nu unui factor organic (J. Shapiro, W. Chamberlain, J. Barthier, *J. Water Pollution Research*, 1969, p. 149).

[22] v. „România liberă" din 27 octombrie 1970.

[23] Pornind de la ipoteza stratului monomolecular să încercăm să estimăm această valoare pe baza următoarelor informații: densitatea petrolului este $d = 0{,}8$ g/cm^3, lungimea medie a unei molecule este 100 Å. Atunci pe baza relației de definiție a densității

$$d = \frac{m}{V} = \frac{m}{l \times S}$$

unde V este volumul unui paralelipiped de înălțime egală cu lungimea unei molecule (deoarece în stratul monomolecular apare o orientare a moleculelor cu grupare hidrofilă către apă și cu cea hidrofobă către faza gazoasă), necunoscuta fiind suprafața paralelipipedului.

$$S = \frac{m}{l \times d} = \frac{10^6 \text{ g}}{100 \cdot 10^{-8} \text{ cm} \cdot 0{,}8 \text{ g/cm}^3} = 1{,}2 \cdot 10^{12} \text{ cm}^2 = 1{,}2 \cdot 10^2 \text{ km}^2.$$

o peliculă monomoleculară. Local, pot apărea și straturi de petrol mult mai groase care împiedică pătrunderea luminii în mediul acvatic. În consecință se inhibă asimilația clorofiliană și respirația organismelor. Aceste pete negre migratoare se pot transforma în „maree negre" ce apar în regiuni apropiate sau relativ depărtate de locul avariei, urmînd trasee capricioase sub acțiunea valurilor și a curenților marini.

Compușii aromatici din petrol au acțiune toxică cu efecte cumulative. Este cazul deja semnalat al 3,4-benz-pirenului, care se poate concentra prin lanț trofic ajungînd la om.

În legătură cu condițiile pe care trebuie să le îndeplinească apa pentru diversele utilizări (v. schema III.1) redăm în tabelul III.2 valorile concentrațiilor maxime admisibile pentru 58 de substanțe toxice[24]. Aceste valori corespund standardului R.S.R./1969 care se referă în totalitate la 73 substanțe toxice.

Pentru a stăvili poluarea cursurilor de apă sînt necesare o serie de măsuri speciale: planificarea programului de protecție a calității apelor pentru fiecare bazin hidrografic, asamblarea și coordonarea necesităților de cercetare, proiectare și construirea de structuri pentru protecția calității apelor, completarea acestor structuri și reevaluarea măsurilor adoptate.

Principiul de bază al unor asemenea planuri de protecție a calității apelor constă în selecția celor mai adecvate măsuri și structuri pentru a asigura cerințele de calitate pentru diversele utilizări ale apei, reale și în perspectivă. Asemenea planuri s-au întocmit în țara noastră pentru fiecare bazin hidrografic.

În particular în lucrarea citată s-a exemplificat planul de protecție a calității apei pentru perioada 1965—1980, referitor la rîul Olt. În figura III.2 se redă schema utilizărilor majore a surselor de poluare în bazinul hidrografic al rîului Olt, care au permis împărțirea cursului de

[24] R. Antonin, *Water quality protection plans in river basins. In:* Adv. Water Pollution Research. Proceedings of Fourth Int. Conference, Prague, 1969, p. 23.

Tabelul III.2

Valori admise pentru substanțe toxice în ape (c.m.a)

Substanța [mg/dm³] max.	*Valori admise (c.m.a)*		
	ape I-a categorie	*ape a II-a categorie*	*ape a III-a categorie*
1. Acizi naftenici	0,3	0,3	0,3
2. Acid picric	0,5	0,5	0,5
3. Aluminat de potasiu	50	50	50
4. Anilină	20	20	20
5. Amoniac liber (NH_3)	0,1	0,3	0,5
6. Argint	0,01	0,01	0,01
7. Arseniu	0,05	0,2	0,5
8. Benzaldehidă	17	17	17
9. Benzen	0,5	0,5	0,5
10. Dioxid de sulf	20	20	20
11. Dioxid de carbon liber	50	50	50
12. Cadmiu	0,005	0,03	0,2
13. Chinolină	10	10	10
14. Cianuri simple	0,01	0,02	0,05
15. Cloramină	0,02	0,02	0,02
16. Cl_2 (liber)	abs.	abs.	abs.
17. Clorbenzen	0,1	0,1	0,1
18. Cloroform	40	40	40
19. Cobalt	1	5	5
20. Cr^{+3}	0,5	0,5	0,5
21. Cr^{+6}	0,1	0,1	0,3
22. Cupru	0,1	0,1	0,3
23. Detergenți anionici	1	2	3
24. Detoxan	0,02	0,02	0,02
25. Dinitrobenzen	0,5	0,5	0,5
26. Dinitroclorbenzen	0,5	0,5	0,5
27. Dinitrofenol	0,5	0,5	0,5
28. Dinitronaftalină	0,1	0,1	0,1
29. Dinitrotoluen	0,5	0,5	0,5
30. Fier total ionic	0,3	1	1
31. Fenoli	0,001	0,02	0,2
32. Fluoruri	0,5	1	1
33. Furfurol	5	5	5

(Continuare tabelul III.2.)

Substanța [mg/dm³ max.]	*Valori admise (c.m.a)*		
	ape I-a categorie	*ape a II-a categorie*	*ape a III-a categorie*
34. Hexaclorbenzen	0,02	0,02	0,02
35. Hidrazină	0,5	0,5	0,5
36. Hidrogen sulfurat	abs.	abs.	abs.
37. Mangan (Mn)	0,5	0,5	0,5
38. Mercaptan	0,5	0,5	0,3
39. Mercur (Hg)	0,005	0,01	0,02
40. Mononitrobenzen	0,5	0,5	0,5
41. Nitrotoluen	0,5	0,5	0,5
42. Naftalină	1	1	1
43. Naftilamină	6	6	6
44. β Naftol	2	2	2
45. Nichel (Ni)	0,1	0,1	0,1
46. Diclorbenzen	0,05	0,05	0,05
47. Nicotină	1	1	1
48. Nitrat (NO_3^-)	13	30	—
49. Plumb (Pb)	0,1	0,1	0,1
50. Sulfură de carbon	1	1	1
51. Tanin	10	10	15
52. Tetraetil de plumb	abs.	abs.	abs.
53. Toluen	0,5	0,5	0,5
54. Terebentină	0,2	0,2	0,2
55. Tetranitrometan	0,5	0,5	0,5
56. Tetraclorură de carbon	5	5	5
57. Trinitrotoluen	0,5	0,5	0,5
58. Produse brute, uleiuri petroliere	0,1	0,1	0,1
59. Zinc (Zn)	0,01	0,1	0,1

apă în 9 zone. Condițiile specifice acestora au fost luate în considerare la stabilirea planului de protecție a calității apelor pentru întreg bazinul respectiv.

Caracterul fiecărui plan de protecție a calității apelor este dinamic, planul fiind supus unei revizuiri periodice pe măsură ce survin în bazinul respectiv noi surse de poluare sau de utilizare a apei.

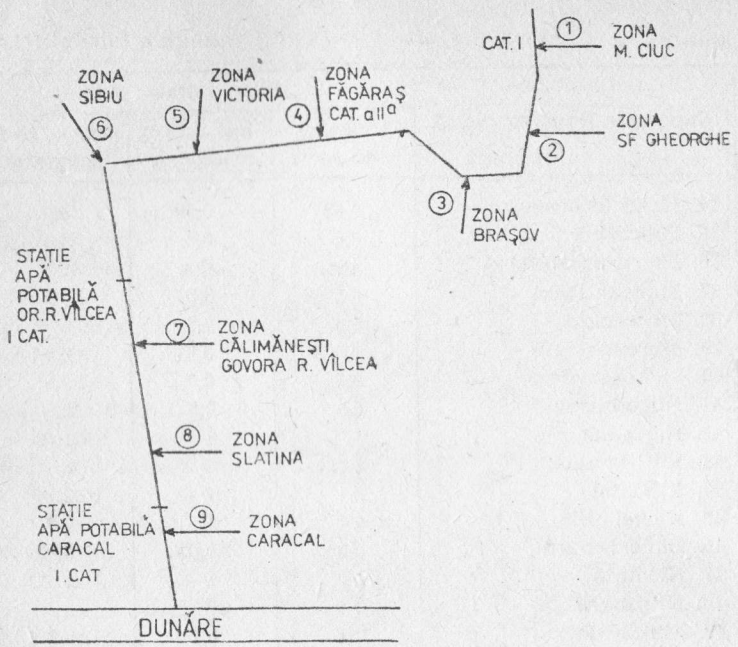


Fig. III.2. Utilizările majore și sursele de poluare în bazinul rîului Olt.

Fiecare utilizare majoră a apei, așa cum am văzut și în schema III.1, are un set de cerințe de calitate specifice.

Din tabelul III.2 se observă că valorile c.m.a. indicate pentru prima categorie de ape (apă potabilă, apa pentru stațiuni balneare și crescătorii de pește) sînt cele mai scăzute, în concordanță cu cerințele maxime pentru aceste utilizări. Apele din categoria a II-a, în conformitate cu această clasificare sînt destinate utilităților de recreere, pescuit, iar apele de irigație și industriale corespund categoriei a treia.

Observînd și comparînd valorile numerice ale c.m.a. de diferiți poluanți constatăm că nu întîmplător valorile cele mai scăzute la primele două categorii de ape corespund substanțelor cu prag de toxicitate foarte scăzut, adică de toxicitate mare: hidrogenul sulfurat, tetraetilplumbul, metalele grele, sau substanțele nedegradabile și acumulabile în ape ca fenolii, hexaclorciclohexanul etc.

III.5. **Poluanți radioactivi în ape!**

Concentrarea prin lanț trofic a poluanților este foarte ușor pusă în evidență în cazul substanțelor radioactive. Urmărirea creșterii concentrației de fosfor radioactiv $^{32}_{15}P$ în apa rîului Columbia și în corpul viețuitoarelor implicate într-un lanț trofic[25] a permis stabilirea următoarei situații:

Localizarea ^{32}P	*Apa rîului Columbia*	*Nevertebrate*	*Pești*	*Rațe*	*Ouă de rață*
Concentrația de ^{32}P exprimată în raport cu cea din apa rîului Columbia luată ca unitate	1	35	2 000	7 500	$2 \cdot 10^5$

care argumentează ideea anterioară.

Lucrări recente ale specialiștilor sovietici [23] arată poluarea apelor oceanului planetar cu substanțe radioactive, poluare generată de dezvoltarea tehnicii (experimente nucleare, accidentele unor submarine sau spărgătoare de gheață cu combustibil nuclear, ale unor avioane cu încărcătură nucleară etc.).

Poluarea radioactivă a apelor prezintă o importanță deosebită în ceea ce privește natura efectelor biologice ale radiațiilor asupra organismelor vii [19, 27]. În perioada primară de acțiune a radiațiilor nucleare se produc ionizări și excitări urmate de modificări chimice ale substanțelor din țesuturile care au absorbit radiațiile. Or, apa es-

[25] Izotopul $^{32}_{15}P$ are un timp de înjumătățire de 14,5 d, fapt care-l face foarte accesibil măsurătorilor în laboratoare [27].

te un component majoritar al organismelor vii (la om proporția de apă reprezintă 85% din greutatea corporală). Sub influența radiațiilor are loc procesul de radioliză a apei. Radicalii și speciile moleculare generate în acest proces complex (OH^*, H_2O_2, H_2, e^-_{aq}, HO^*_2, H^*) au fie proprietăți oxidante (OH^*, H_2O_2), fie proprietăți reducătoare (H^*, HO^*_2). Avînd o reactivitate mare, acești produși de radioliză ai apei constituie o sursă pentru acțiunea indirectă a radiațiilor nucleare asupra organismelor vii, deoarece pot afecta atît cromozomii, cît și proteinele citoplasmatice. În prezența oxigenului dizolvat în apă apar cu precădere radicalii HO^2_* care, alături de apa oxigenată și peroxizii organici stabili, pot produce alterarea macromoleculelor biologice din celule.

III.6. **Combaterea poluării apelor**

Din prima parte a acestui capitol a reieșit că posibilitatea unei substanțe de a persista în ape și a deveni poluant se bazează pe proprietățile fizice și chimice inerente, pe rezistența la îndepărtarea prin mecanisme fizice, chimice și biochimice și pe toxicitatea față de microorganismele, plantele și animalele din mediul acvatic [26].

Starea de poluare a apelor, cunoscută cu ajutorul metodelor de analiză ale căror principii s-au enunțat în paragraful precedent, poate fi controlată și redusă. În acest scop se utilizează două tipuri de procedee, aplicate cu consecvență de organismele de conducere și concepție tehnică [24—30].

Primul grup de procedee se caracterizează printr-o „manieră de conducere preventivă" și include toate metodele care urmăresc limitarea evacuării de reziduuri în ape.

Încă din faza de proiectare a instalațiilor industriale, de transport, edilitare etc., trebuie adoptată o concepție care corespunde unei orientări diametral opuse față de cea veche, caracterizabilă lapidar prin ideea „apa spală tot".

Astfel, reziduurile solide, în special ale substanțelor de mare toxicitate, nu este necesar să fie antrenate pe

cale umedă, ci, pot fi aspirate și evacuate la halde sau crematorii.

Se caută reducerea consumurilor de apă în industrie prin recircularea apei, folosită ca agent de răcire și reintroducerea în sistem a celei utilizate ca solvent, după corectarea adecvată a calității.

Acest gen de măsuri duce concomitent la micșorarea cheltuielilor de producție și a poluării apelor, dovedindu-se rentabile în unități industriale de mare capacitate. Iată una din rațiunile concentrării industriale în mari combinate!

Recuperarea substanțelor utile din apele industriale uzate este de asemeni o direcție care trebuie să constituie o preocupare permanentă încă din faza de proiectare, necesitînd conlucrarea tehnologului cu specialistul în protecția calității apelor.

De exemplu, la fabricarea polimerilor vinilici este indicată recuperarea mercurului, folosit drept catalizator, din apele industriale, pentru a preveni atît urmările nefaste ale deversării acestor ape în emisar (v. par. III.4), cît și pentru înlăturarea pierderilor de catalizator.

Prima motivație ar putea dicta doar aplicarea unui procedeu clasic de epurare, dar rezultanta compunerii cu cea de a doua motivație, de ordin economic, este aplicarea procedeului de recuperare.

Această orientare spre recuperare este una din cauzele diversificării producției industriale în marile combinate. Se tinde spre valorificarea superioară a produselor recuperate.

Literatura de specialitate este foarte bogată în indicații recente pe această temă[26], dar spațiul acestei lucrări nu permite decît selecționarea unor exemple mai incitante. Se menționează extracția vitaminei B_{12} din nămolul organic al apelor menajere ale orașului Chicago, obținerea drojdiei furajere prin fermentația controlată a borhoturilor de la fabricile de sulfat de celuloză, obținerea fenolului din apele utilizate pentru stingerea cocsului în cocserii etc.

[26] *Ocistka stocinîh vod himiko farmațevtticeskii promîșlenosti*, Moskva, Stroizdat, 1985.

Alt procedeu care corespunde conduitei preventive se referă la proiectarea edilitară. Aceasta stabilește zone de protecție sanitară (în care sînt interzise evacuări de ape poluate) pentru sursele naturale de apă potabilă, iar în proiectarea sistemelor de canalizare se separă canalizarea pentru apele fluviale și menajere. În ceea ce privește canalizarea industrială se pun probleme și mai complicate cum ar fi: separarea rețelelor de canalizare în funcție de poluanți; îmbunătățirea sistemelor de evacuare în emisar în funcție de natura acestuia: rîu (cu debit mare sau mic), lac, mare; stocarea apelor uzate și evacuarea lor raționalizată; desființarea efluenților cu concentrații mari în substanțe toxice, fie prin trecerea prin incineratoare, fie prin evacuarea în subteran într-un spațiu etanș (condiție greu de realizat pe termen lung așa cum a reieșit din paragraful III.4). Acest ultim procedeu a fost folosit la noi în țară începînd cu 1960 în varianta reinjectării în strat, pentru menținerea presiunii necesare exploatării sondelor, a apelor sărate extrase din zăcăminte împreună cu țițeiul [13].

În al doilea grup de procedee se încadrează diferitele metode de epurare ale apelor uzate.

Apele uzate trebuie să fie supuse unor tratamente prin care să se înlăture încărcarea lor cu poluanți pînă la o limită (numită *grad de epurare necesar* — procentul de reducere a poluanților din efluent), care să nu stînjenească utilizările pe care apele respective le pot căpăta în stare naturală.

Aceste tratamente sînt cuprinse sub denumirea generală de *epurare*. Cerințele pe care trebuie să le satisfacă instalațiile de epurare se referă la eficiența maximă în exploatare, gabarit redus și costuri de investiție și exploatare minime.

În prezent, ample studii de specialitate [25] tratează acest domeniu astfel că vom încerca doar să rezumăm principalele direcții, avînd în vedere spațiul limitat al acestei lucrări.

Epurarea cuprinde o succesiune de procese fizice și chimice, biologice și fizico-chimice necesare pentru înlăturarea diferitelor categorii de poluanți.

Astfel poluanții aflați în suspensie se separă prin sedimentare, cei emulsionați sau dizolvați prin intermediul

unui reactiv adecvat, pe cale chimică. Poluanții organici sînt mineralizați de către microorganisme pe cale biologică [26]. O serie de substanțe din categoria detergenților, pesticidelor nu pot fi modificate și eliminate nici pe această cale și necesită aplicarea intensivă a unor procese fizico-chimice de separare (adsorbție, spumare, electrodializă etc.).

Pentru distrugerea germenilor patogeni se mai include operația de dezinfecție[27] prin tratare cu clor sau ozon.

Perfecționarea metodelor de epurare și aplicarea lor consecventă este modalitatea principală de asigurare a echilibrului între om și mediu.

În stațiile de epurare prima treaptă de epurare, *primară* este constituită din procese fizice și chimice, treapta a doua, *secundară*, corespunde epurării biologice, iar treapta *terțiară* corespunde aplicării proceselor fizico-chimice.

În funcție de specificul încărcării unui anumit efluent și de caracteristicile emisarului, stația de epurare va fi prevăzută cu una sau cu toate cele trei trepte de epurare.

Într-o stație de epurare sînt reunite, conform unei scheme tehnologice, o serie de aparate și instalații prin care se realizează epurarea apelor uzate.

Principalele aparate cu ajutorul cărora se realizează diferitele trepte de epurare vor fi prezentate în cele ce urmează, sistematizate după utilizarea lor preponderentă în una din cele trei trepte de epurare [25].

Aparatele utilizate în treapta de epurare mecanică (fizică) realizează îndepărtarea substanțelor nedizolvate de diferite dimensiuni.

Astfel, pe *grătare* se rețin corpurile solide de dimensiuni mari. După această separare, corpurile reținute trec prin aparatele numite *tocătoare* (de diferite tipuri), care

[27] Aceasta deoarece apa infectată are un mare potențial endemic. Se consideră că 30—60% din cazurile declarate de boli infecțioase au drept cauză consumul de apă infectată. În țările slab dezvoltate, peste 25% din capacitatea de spitalizare este ocupată prin îmbolnăviri din cauza apei infectate (L. Flora, „Protecția muncii", nr. 3/1973).

realizează zdrobirea acestora. Apoi reziduurile obținute se pot depozita în gropi special amenajate.

Particulele minerale de dimensiuni mult mai mici se reţin datorită unei viteze de scurgere reduse a apei uzate în *deznisipatoare*, care reprezintă niște bazine amplasate în staţia de epurare, după grătare.

Pentru îndepărtarea substanţelor lichide, insolubile în apă și cu densitate mai mică decît a apei, se folosesc *separatoarele*. Separarea acestor substanţe (produse petroliere, grăsimi etc.), absolut necesară, deoarece periclitează buna funcţionare a staţiilor de pompare, se realizează cu ajutorul unor *racleţi, conducte cu fante, inele ceramice*, semiscufundate în ape. Substanţele reţinute astfel pot fi valorificate frecvent (grăsimile — în industria săpunului, produsele petroliere — pentru combustibil etc.).

Particulele de densităţi mai mari decît a apei și dimensiuni sub 0,2 mm, sedimentează în cazul unei curgeri lente, constituind, prin aglomerarea lor, nămolul. Pentru sedimentare și decantare se utilizează *gropi, bataluri* și *iazuri de pămînt*, care funcţionează discontinuu, pentru a se putea colecta nămolul, sau *decantoare* construite din materiale ca beton, oţel, mase plastice. Decantoarele sînt folosite și în treapta de epurare secundară pentru reţinerea nămolului, rezultat din epurarea biologică, și în treapta terţiară pentru reţinerea precipitatelor care rezultă la tratarea apelor din efluenţi cu diverși reactivi. Sedimentarea rapidă cu ajutorul reactivilor de coagulare se poate realiza în niște *camere de floculare*, care comunică cu decantoarele.

În treapta de epurare biologică, generalizată apoi ca treaptă secundară, se aplică controlat și intensiv, pentru epurarea apelor uzate, procesele de mineralizare ale substanţelor organice sub acţiunea microorganismelor, care pot fi determinate să lucreze în condiţii aerobe sau anaerobe. Se pot deosebi *epurarea biologică naturală* și *artificială*. În primul caz se valorifică capacitatea microorganismelor din sol de a mineraliza poluanţii conţinuţi în apele menajere orășenești, prin utilizarea acestora în irigaţii.

În ţara noastră, prima folosire a irigaţiilor, cu ape uzate, s-a realizat la Arad, în 1896 [13].

Numeroase studii sînt consacrate azi selectării culturilor celor mai indicate pentru aplicarea acestui tip de irigaţie. S-a stabilit, de exemplu [24], că fenolii sînt bine reţinuţi de culturile de stuf, răchită, pădurile de foioase. Irigarea cu ape uzate se folosește în asociere alternantă cu procedeul *cîmpurilor de infiltraţie* (terenuri fără culturi, cu sol permeabil, depărtate de surse de apă subterane) deoarece deversarea apelor uzate este un proces continuu, pe cînd operaţiile de irigare sînt discontinue. Apele uzate provenite de la fermele zootehnice au un potenţial infecţios studiat mult în ultimii ani [13].

Extinderea irigării cu ape uzate se poate face numai cu multă prudenţă, după studiul efectelor acumulării în timp în diversele organe ale plantelor, a produșilor inițial conţinuţi în apele uzate sau rezultaţi din degradarea substanţelor primare.

Se menţionează în literatură[28], tot ca modalitate de utilizare a apelor uzate cu încărcare mică, dar care favorizează prin natura ei dezvoltarea planctonului, crearea unor heleștee piscicole populate cu specii rezistente la poluare.

În cazul epurării biologice artificiale se aplică în principal două procedee: *procedeul filtrului biologic* și *procedeul cu nămol activ*.

Biofiltrul realizat în cuve de beton sau zidărie, reproduce tipul de epurare realizat spontan în natură. El conţine o umplutură din materiale cu porozitate mare, pe care se fixează microorganismele sub formă de peliculă. Aceasta reţine și mineralizează substanţele organice din apa uzată, în condiţii de bună aerare a sistemului.

În condiţii de aerare intensă a apelor uzate ce conţin încărcare organică mare, se formează treptat niște flocoane galben-aurii (nămolul activ) care plutesc în lichid. În aceste flocoane sînt aglomerate *bacterii*, ciuperci, *protozoare ciliate*[29], viermi nematozi [13], în general, biocenoze reduse la relaţii de concurenţă răpitor-pradă. Descompunerea substanţelor organice din ape are loc sub

[28] Apele uzate ale orașului München alimentează 233 ha de heleștee piscicole.

[29] Denumirile cu cursive indică componentele care sînt cele mai eficiente în acţiunea de epurare.

influența catalitică a enzimelor secretate de bacterii la suprafața acestor flocoane, după care apa epurată trece într-un decantor secundar. Cam o cincime din nămolul activ este apt pentru refolosire în bazinul de aerare; restul trebuie să fie îndepărtat.

Referitor la tipurile de reacții chimice folosite în celula vie și considerate ca reacții „cheie" pentru metabolism se deosebesc următoarele procese opuse:

a. scindarea legăturilor C—C/formarea legăturilor C—C, care se realizează prin decarboxilarea cetoacizilor, respectiv prin carboxilarea cetenelor sau acizilor, sau prin condensarea acizilor acetic sau formic, prin reacții de adiție la dubla legătură C=C;

b. fixarea apei/îndepărtarea apei. Aceste procese se petrec la o dublă legătură, respectiv la doi atomi de C adiacenți (la care după îndepărtarea apei se formează o dublă legătură);

c. adiția hidrogenului/îndepărtarea hidrogenului. Acest proces are loc totdeauna la doi carboni adiacenți;

e. scindarea combinațiilor complexe/formarea combinațiilor complexe. Aceste procese se produc prin reacții de hidroliză sau fosforoliză, respectiv prin transfer de diverse grupări.

În reacțiile metabolice substanța organică reprezintă sursa de carbon și energie pentru organismele heterotrofe din nămolul activ.

Condițiile de aerare intensă, necesare în procedeul cu nămol activ, se realizează cu ajutorul unor dispozitive de aerare *pneumatice,* care asigură bule mici de aer, de 1—4 mm diametru, (mijlocind un transfer intens de oxigen, dar sînt delicate în exploatare) sau *mecanice* (valțuri, turbine — mai solide la manipulare).

Prin aerare prelungită, între 2—2,5 d, realizată în șanțuri de beton, pentru ape cu încărcare redusă (100—200 g CBO_5), utilizînd dispozitive de aerare mecanice ce furnizează 100—150 m^3 aer/kg CBO_5, se obține nitrificarea majorității substanțelor organice și o cantitate redusă de nămol stabilizat, ceea ce corespunde practic „oxidării totale" — condiția de maximă eficiență în epurare.

Să analizăm ce este un nămol stabilizat. Din toate treptele de epurare, dar mai cu seamă din cea biologică, rezultă cantități de nămol care ridică probleme de depozitare (necesitînd spații foarte mari[30] și protecție sanitară[31]).

Reducerea volumului nămolului se face prin reducerea umidității. Apa inclusă în nămol, în diverse stări, se poate îndepărta diferențiat așa cum reiese din tabelul III.3.

Tabelul III.3

Apa inclusă în nămol

Starea apei din nămol	*Conținut*	*Mod de îndepărtare*
Apa liberă	60%	Sedimentare, centrifugare, filtrare
Apă legată coloidal	20—30%	Încălzire la 180° sau înghețare
Apă legată capilar (higroscopică)	5—10%	

Deci, prelucrarea nămolului organic, destul de complicată, se impune pentru a reduce volumul necesar pentru depozitare. După fermentarea aerobă sau anaerobă acest nămol pierde mirosul supărător și se deshidratează ușor, starea respectivă corespunzînd noțiunii de nămol stabilizat, pe care am dorit s-o lămurim.

Prin colectarea nămolului organic în recipienți închiși în condiții adecvate (temperatura între 28—35°C, lipsa inhibitorilor chimici), de fermentare anaerobă (în metantancuri) pe seama bacteriilor saprofite și metanice, care trăiesc în simbioză, rezultă gaze de fermentație. Acestea au un conținut de 70—75% metan, 20—25% dioxid de carbon și cantități reduse de hidrogen sulfurat, azot, mercaptan și o putere calorică (5 000—6 000 kcal/m^3) remarcabilă, proprietate de interes pentru sistemele de încălzire centrală.[32] Nămolul stabilizat, obținut după operația de

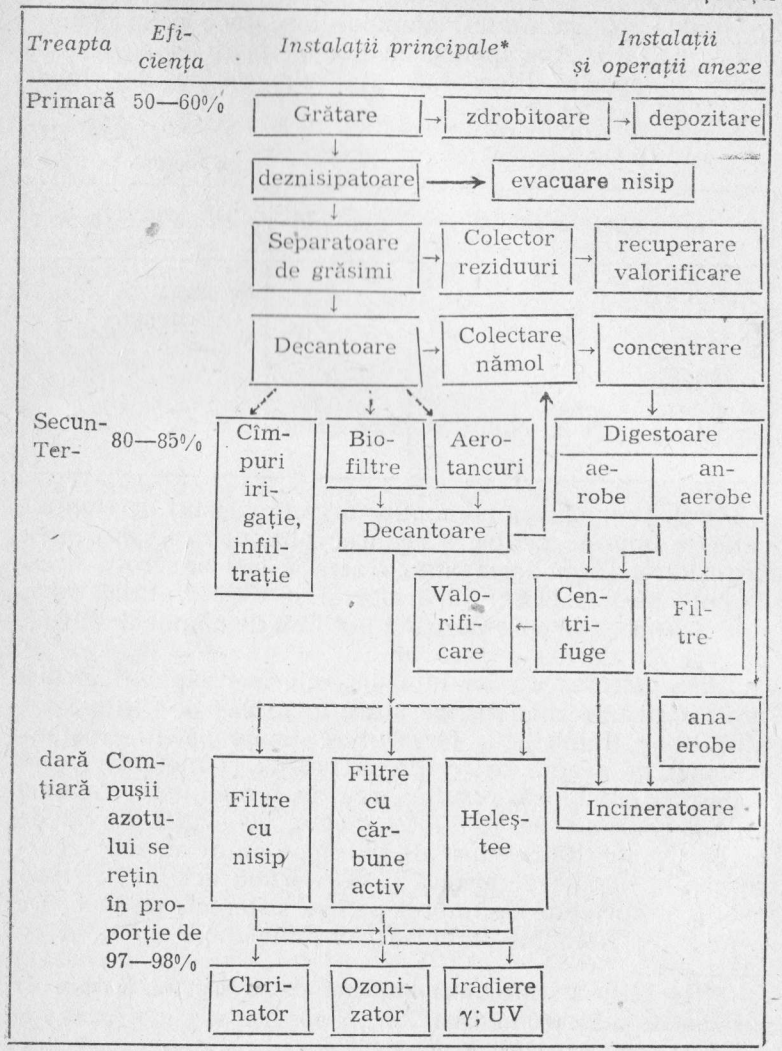
[30] În cazul Bucureștiului volumul de depozitare necesar ar corespunde la 240 000 m^3/lună.

[31] În cazul nămolurilor putrescibile.

[32] v. R. Iliescu, C. Craiu, *Studiul creșterii procentului de metan din gazele de fermentare anaerobă,* I-a Consfătuire de Protecția mediului înconjurător, București, 24—25 iulie, 1986.

Schema III.2

Schema tehnologică de epurare a apelor uzate orășenești



* Fluxurile obligatorii sînt indicate prin săgeată continuă, cele care sînt alternative sînt arătate prin săgeți marcate cu linie întreruptă.

fermentație anaerobă sau aerobă (care corespunde aerării prelungite pînă la oxidarea totală) este supus în continuare operațiilor de deshidratare intensivă, fiind trecut prin paturi de uscare, centrifuge, filtre-presse, sau, în cazuri speciale, cuptoare cu benzi transportoare și incineratoare. Nămolul fermentat și deshidratat poate fi valorificat ca îngrășămînt.

În cazul apelor uzate orășenești, care apar în cantități din ce în ce mai mari, o dată cu dezvoltarea orașelor gigant, dar a căror compoziție este destul de asemănătoare, s-a stabilit o schemă tehnologică generală de epurare[33], numerotată III.2 în lucrarea noastră. Din această schemă, în funcție de condiții, se cuprind în stațiile de epurare numai două sau toate cele trei trepte de epurare.

Desigur că aici apar problemele de cost ale instalațiilor de epurare.

După [29] pentru o stație de epurare orășenească la o capacitate de 4 000 m³/d, corespunde o valoare totală de 600 000 dolari și următoarele costuri pentru diferitele trepte de epurare (v. tab. III.4).

Tabelul III.4

Costul unei stații de epurare a apei orășenești, cu capacitatea de 4 000 m³/d

Treaptă de epurare	*Valoare [$]*	*[%]*
Epurare mecanică	20 000	3,3
Epurare mecanochimică	40 000	6,6
Epurare biologică	440 000	70,1
Clădiri anexe, cheltuieli proiectare	120 000	20,0

Avînd în vedere cerințele de consum modern, menționate în tabelul III.4, această stație poate satisface doar un orășel de 27 000 locuitori! Ca exemplu ilustrativ pentru dezvoltarea extraordinară a stațiilor de epurare, vom da cîteva date despre cea mai modernă din cele 8 stații

[33] V. Chiriac, *Instalații pentru epurarea apelor uzate*, Edit. Academiei R. S. România, București, 1968.

care asigură epurarea apelor orașului Moscova, stația Liubereț. Această stație, a cărei valoare de investiție depășește 145 miliarde ruble, primește $1{,}5 \cdot 10^6$ m^3 apă uzată pe zi, printr-un canal cu diametrul de 4 m. Vom menționa numai numărul de instalații principale din cele trei trepte de epurare: 24 decantoare primare cu diametrul de 40 m, 12 aerotancuri $5 \times 12 \times 120$ m și 36 decantoare secundare de aceeași mărime ca cele primare. Volumul de gaze rezultate din cele 12 metan-tancuri (23 m diametru și 17 m înălțime) este de 9 000 m^3/zi.

În România, ca urmare a traducerii în viață a măsurilor impuse de legea nr. 9/1973 și 8/1974, în domeniul protecției calității apelor, numărul stațiilor de epurare a crescut de la 1 000 în anul 1965 la 3 000 în 1980 [26].

Pentru apele uzate industriale problemele care se pun sînt mai complexe dată fiind varietatea poluanților. Se consideră și aici importanța unei bune epurări la sursă, asociată cu valorificarea posibilităților de recuperare a diverselor substanțe.

Tehnologia de epurare a efluenților industriali trebuie elaborată, așa cum s-a mai accentuat, concomitent cu procesul de producție, pentru a reduce pericolul poluărilor grave, ireversibile ale emisarului. În consecință, nu mai poate fi operabilă o schemă generală de epurare ci, sînt indicate anumite strategii de epurare pentru principalele categorii de ape industriale uzate. Deci, fiecare mare uzină chimică, fiecare complex de creștere a animalelor trebuie dotat cu o stație de epurare. În tabelul III.5 se redă schematizat după proveniența efluentului, care sînt epurările indicate pentru apele industriale uzate.

Astăzi, specialiștii în domeniul epurării apelor consideră că metodele cele mai eficiente și mai economice de îndepărtare a substanțelor organice din apele uzate sînt cele bazate pe procedeele de epurare biologică [26]. Aceste procedee utilizează, așa cum s-a precizat, reacțiile metabolice ale unei populații mixte (biocenoze) de bacterii, ciuperci și alte microorganisme (protozoare și metazoare inferioare), cuprinse sub termenul de *biomasă*.

Compoziția biocenozelor și randamentul de metabolizare a substanțelor organice sînt dependente de factorii următori: compoziția apei uzate și concentrația în impurități, temperatura, presiunea oxigenului, condițiile de

Tabelul III.5

Strategii de epurare indicate pentru principalele categorii de ape industriale

Efluent provenit din industria:	*Trepte de epurare necesare*	*Observații*
ALIMENTARĂ		
Pîine, amidon produse lactate conserve, abatoare ulei	— mecanică — biologică — metan-tancuri	Se exploatează analogia cu apele menajere orășenești.
Spirt, zahăr, bere	— mecanică — biologică (naturală)	Se poate realiza și epurarea biologică artificială după amestecare cu apele menajere orășenești.
Creșterea animalelor	— mecanică — chimică — biologică — metan-tancuri — dezinfecție	
UȘOARĂ		
Săpun, clei, topitorii de in și cînepă	— mecanică — biologică (naturală) — metan-tancuri	Se exploatează analogia cu apele menajere orășenești.
Bumbac, lînă, mătase, vopsitorii	— mecanică — chimică — biologică	Etapa de epurare chimică este esențială.
Fibre artificiale tăbăcării	— mecanică — chimică — biologică (artificială) — dezinfecție	Recuperarea reactivilor este recomandată.

(Continuare tabelul III.5)

Efluent provenit din industria:	*Trepte de epurare necesare*	*Observații*
LEMNULUI, CELULOZEI ȘI HÎRTIEI		
Hîrtie, plăci fibrolemnoase	— mecanică — chimică	
Celuloză	— mecanică — chimică — biologică (artificială)	
CHIMICĂ ORGANICĂ		
Coloranți, explozivi, medicamente răşini sintetice cauciuc sintetic polimeri, etc.	— mecanică — chimică — biologică artificială — metan-tancuri	Treapta chimică necesită tratarea separată a efluenților proveniți de la diverse secții.
PETROLULUI		
Foraj-extracție	— mecanică — chimică — filtrare și reinjectare în strat	
RAFINĂRII	— mecanică — chimică — biologică (artificială) — incinerare nămol	Necesară epurarea chimică separată a efluenților din secții.

(Continuare tabelul III.5)

Efluent provenit din industria:	*Trepte de epurare necesare*	*Observații*
TRANSPORTURI	— mecanică	
CHIMICĂ ANORGANICĂ		
Acizi minerali, sodă, pigmenți, clor	— mecanică — chimică — injecție în strat — stocare și evacuare cu debit minim, controlată strict	
Îngrășăminte azotoase	— mecanică — chimică — biologică (naturală)	
MINIERĂ		
Carboniferă, metale neferoase	— mecanică — chimică	
METALURGICĂ		
Siderurgie laminoare metale neferoase	— mecanică — chimică	Apele cu fenol și cianuri de la cocserii necesită epurarea biologică artificială.

(Continuare tabelul III.5)

Efluent provenit din industria:	*Trepte de epurare necesare*	*Observații*
CONSTRUCȚII LOR DE MAȘINI	— mecanică — chimică	
ENERGIEI NUCLEARE, RADIOIZO-TOPILOR	— mecanică — chimică	Este necesară evaporarea apelor și stocarea reziduurilor solide.

amestecare, modul de exploatare al instalației respective [26].

Ponderea relativă a diferitelor specii din biomasă poate fi modificată prin intermediul factorilor enumerați. Trebuie menționată capacitatea de adaptare a populației de microorganisme la fluctuațiile temporare. Dar la apariția poluanților toxici în instalațiile de epurare biologică intervin „intoxicări acute" care conduc la faptul că efluentul nu are gradul de epurare corespunzător și eficiența instalației respective scade brusc [26].

De remarcat că studiile asupra posibilităților de epurare biologică a diferitelor tipuri de efluenți industriali sînt în continuă creștere.[34]

Este necesară, în prealabil, testarea toxicității principalilor constituenți ai efluentului față de flora banală neadaptată și apoi selecționarea unei flore microbiene capabile de a se dezvolta în efluent după o epurare chimică selectivă a inhibitorilor. Formal, posibilitățile de epurare biologică se pot aprecia din compararea consumului biochimic de oxigen după 5 zile (CBO_5) cu consumul chimic de oxigen (CCO).

În testul CBO_5 oxidarea substanțelor organice se face

[34] *Lutte contre la polutions des eaux*, Recherches actuelles. Ed. Gauthier, Paris, 1970.

prin metode biochimice, prin reacțiile specifice microorganismelor, conduse în condiții standardizate[35].

Testul CBO_5 reprezintă activitatea respiratorie a microorganismelor care utilizează fracțiunea de substanțe asimilabile din cantitatea totală de substanțe organice, existente în ape. Dacă valoarea raportului CBO_5/CCO este 0,6, speciile chimice conținute de efluent sînt ușor epurabile biologic. Valori ale raportului menționat între 0,6—0,4 afirmă aceeași posibilitate, în timp ce valori cuprinse între 0,4—0,2 arată că efluentul respectiv poate fi degradat biologic numai la un regim termic adecvat. Scăderea valorii acestui raport sub 0,2 infirmă posibilitatea epurării biologice a efluentului respectiv.

Sistematizarea studiilor efectuate în această direcție arată că sînt greu degradabile sau nedegradabile biologic următoarele tipuri de substanțe:

— izoalcani (hidrocarburi cu catene cu grad mare de ramificare);

— etilena, polietilena, clorura de vinil și policlorura de vinil, clorura de viniliden și policlorura de viniliden;

— hidrocarburi aromatice policlorurate;

— pesticidele provenite de la hidrocarburi aromatice policlorurate;

— acizii lignosulfonici.

Cunoscînd de exemplu, compoziția unor efluenți și faptul că valoarea raportului respectiv arată că sînt greu sau deloc degradabili, singura măsură care rămîne de luat ține tot de conduita preventivă în ce privește limitarea poluării. De exemplu, în categoria detergenților [31], substanțe tensioactive, utilizate azi pe scară largă în procesele de spălare, se includ două clase principale: detergenții ionici și neionici.

Detergenții *ionici* se împart la rîndul lor în două subgrupe:

a) detergenți *anionici;*

b) detergenți *cationici.*

Proprietatea de biodegradare rapidă aparține numai

[35] Condiția de 5 zile își are originea în faptul că în Marea Britanie, unde s-a elaborat întîi acest test, toate rîurile au parcursul de curgere pînă la 5 zile; aceasta corespundea consumului maxim de oxigen în orice rîu.

detergenților neionici (și se datorează structurii liniare a catenelor). În spiritul conduitei preventive în ceea ce privește limitarea poluării apelor este necesară renunțarea la producția de detergenți ionici, deoarece dau naștere la încărcări acumulabile în ape. Sigur că această renunțare ar fi simplă dacă n-ar fi implicate probleme de tip economic, și nu numai economic.

La problemele economice cu multiple implicații sociale, legate de evaluarea operațiilor de îngrădire a poluării diferiților factori de mediu, vom reveni la capitolul VI.

Mai sînt de lămurit și alte probleme legate de detergenți, aceste produse ale secolului XX, pentru care reclama „spală tot" nu este gratuită.

Detergenții sînt agenți activi de suprafață, adică scad tensiunea superficială a lichidelor sau tensiunea interfacială la suprafața solid-lichid. Ei sînt utilizați în procesele de spălare. Pentru a înțelege „fizica" proceselor de spălare să examinăm următorul exemplu care constituie cel mai simplu caz de spălare. Punînd funingine fin divizată pe un filtru de celuloză și turnînd apă curată pe filtru, constatăm că apa trece limpede, în timp ce funinginea rămîne pe filtru, deși particulele de funingine sînt mai mici decît porii filtrului.

Dacă, în loc de apă folosim o soluție apoasă de săpun, majoritatea funinginii trece prin filtru o dată cu apa. Cele două situații se pot explica astfel: particulele de funingine sînt așezate afînat pe filtru care poate fi umectat ușor de apă. Funinginea nu este udată de apă și de aceea nu este antrenată de ea.

Prin adăugarea săpunului, funinginea se leagă de părțile hidrofobe ale moleculei acestuia, formîndu-se aglomerate de funingine cu săpun, care conțin funinginea în interior și sînt înconjurate de un înveliș format din grupele hidrofile ale moleculelor de săpun, fiind astfel udate de apă și antrenate cu ea. Alături de procesele bazate pe orientarea moleculelor de săpun în procesele de spălare joacă un rol important și fenomenele electrostatice.

Se caută să se asigure particulelor de murdărie și fibrelor materialului sarcini de același semn pentru a se respinge. Procesul de spălare este favorizat și prin energie mecanică, mai ales cînd suprafața de spălare are o

structură aspră și poroasă. Detergenții întrebuințați în tehnică și pe plan casnic pentru spălare, acționează față de *murdăria* depusă pe diferitele fibre textile în mod cu totul analog, ca în exemplul *săpunului* și *funinginii* [19].

Capacitatea de spălare sau de *portanță* a murdăriei se exprimă prin cantitatea de agent tensioactiv întrebuințată pentru a îndepărta un anumit grad de murdărie.

În procesul de spălare cu detergenți intervine în mod intens formarea de spume, cauzată de agitarea sistemelor respective. Spumele sînt sisteme coloidale (caracterizate prin dimensiuni ale particulelor fazei disperse de ordinul 10^{-7}—10^{-5} cm) ce constau din lichide dispersate laminar în gaze. Din punct de vedere al procesului de spălare propriu-zis ele pot fi folositoare (deși măresc consumul de apă pentru clătire), dar deversarea unor cantități din ce în ce mai mari de spume în apele de suprafață prezintă o serie de inconveniente.

Acțiunea poluantă a detergenților este amplificată de aceste „spume satelite" deoarece accesul oxigenului în apa emisarului este îngreunat. Deci, apele se aerează mai greu, peștii mor sufocați.

Spumele apar numai în soluțiile substanțelor tensioactive (chiar dacă concentrația acestora este foarte mică) astfel încît absența lor poate fi considerată ca un test de puritate pentru solventul respectiv. La ieșirea din stația de epurare printre alte analize efluentul este supus și probelor de spumare. Așa că este necesar pentru diverșii detergenți să se cunoască caracteristicile acestui proces: *puterea de spumare* a substanței active (măsurată în centimetri înălțime spumă), *stabilitatea spumei* (definită prin raportul dintre înălțimea spumei la timpul t și înălțimea la timpul $t=0$), *densitatea spumei* (măsurată prin raportul dintre cantitatea de lichid antrenată în spumă și puterea de spumare) [32].

Se poate conchide aici, după examinarea implicațiilor pe care le are impactul detergenților asupra mediului, că acțiunea de cunoaștere a influenței pe care o are deversarea unei noi substanțe în apă este de o mare responsabilitate. Are mare importanță biodegradabilitatea substanței, dar și măsura efectelor pe care le provoacă asupra vieții acvatice, pînă la degradarea ei.

IV. MAI AVEM CA SUPORT, PĂMÎNTUL!

IV.1. Reziduuri solide produse de civilizația urbanistică, industrială

Locuitorii marilor orașe ale Terrei parcurg azi zeci și sute de kilometri pentru a fi în mijlocul naturii, cît mai departe de colosii de beton și sticlă în care locuiesc și lucrează, care creează senzația de claustrare, alienare.

Dezvoltarea impetuoasă a orașelor gigant, în care se depășesc frecvent performanțele de construcție pe verticală, s-a făcut deseori contra oricăror precepte de urbanism[1]. Se spune că celebrul arhitect Le Corbusier[2] văzînd panorama orașului New York, noaptea, ar fi exclamat: „Este o catastrofă feerică!"

Și, se pare că nu numai membrii diferitelor societăți pentru apărarea ambianței, dar chiar citadinii înveterați suferă de nostalgia frumoaselor cîmpii și păduri verzi care altădată îmbrățișau îndeaproape așezările urbane. În jurul orașelor de azi, adesea haldele de steril și diverse deșeuri, de gunoi, degradează terenuri întinse, răpite agriculturii. Acestea sînt considerate un rău necesar, fața urîtă a civi-

[1] Urbanismul = știința construirii și amenajării cadrului citadin. Pentru rezolvarea acestei preocupări complexe este necesară colaborarea a o serie de specialiști: arhitecți, economiști, geotehniști, igieniști, decoratori, botaniști, sociologi.

[2] Edouard Jeanneret Gris, cunoscut sub numele de Le Corbusier, arhitect de origine elvețiană, a trăit între 1887—1965. Le Corbusier a fost preconizatorul unei concepții noi asupra habitatului (în care se prevedea amplasarea construcțiilor în terase, cu o iluminare laterală adecvată etc.). Fondator în 1945 a Ascoralului (Asociația constructorilor pentru reînnoirea arhitectonică) și-a afirmat concepțiile și în lucrările *Spiritul nou* (1925) și *Orașul fericit* (1935).

A realizat construcții conform concepțiilor sale în Marsilia, și planul de urbanism pentru Chandigarh (Capitala Punjabului) în 1957.

lizației. Această stare de lucruri îl determină pe scriitorul J. H. Fabre[3], să facă pronosticuri sumbre: „Omul va sucomba ucis de excesele a ceea ce el numește civilizație".

O prezentare a diverselor tipuri de reziduuri existente pe aceste terenuri este dată în tabelul IV.1, sistematizarea fiind făcută tot după natura surselor de poluare.

Tabelul IV.1
Reziduuri solide

Sursa	*Tipul de reziduuri*
Industria minieră	Steril ce se depozitează în halde cu conținut variat de metale și nemetale
Industria metalurgică	Cenușă care conține în urme Cu, Zn, Cd, Pb, SO_2, As, zgură de furnal
Industria cimentului și materialelor de construcții	Praf de ciment, deșeuri de var, oxizi de fier
Industria termoenergetică	Cenușă
Industria chimică	— Deșeuri de sulfură de calciu de la fabricarea sodei (procedeul Leblanc) — Cenuși negre de la fabricarea acidului sulfuric
Gunoaie orășenești	Structura fizică: cutii de tablă 9,6%; sticle, borcane 11,7%; cîrpe, zdrențe 4,6%; metale 0,9%; deșeuri anorganice 7,6%; organice 68,4%

[3] Jean Henri Fabre (1823—1915) — scriitor și entomologist francez, cunoscut prin cărțile sale de știință popularizată. În lucrarea *Souvenirs entomologiques* a făcut observații extrem de valoroase asupra insectelor, redate într-un stil pitoresc, plin de savoare.

Impactul acumulării reziduurilor industriale solide asupra mediului înconjurător este foarte puternic. Numai în S.U.A. [12], în 1980, peste 5 milioane de acri sînt „defaţaţi" prin depozitarea acestor deşeuri solide. Depozitarea eronată poate provoca poluarea preţioasei rezerve de apă subterană, incinerarea greşit condusă poate impurifica atmosfera. Deci poluarea celor trei factori fizici de mediu poate fi concomitentă şi cauzată de aceeaşi sursă de poluare!

Dacă ne rezumăm numai la reziduurile industriale de tip anorganic, care nu se pretează la incinerare, s-a observat că, din cele 80 de tipuri de întreprinderi industriale, 8 aduc un aport echivalent cu 80% din volumul total al reziduurilor. Acestea sînt industria cuprului, a fierului şi oţelului, şisturilor bituminoase, a plumbului, zincului, aluminiului şi antracitului. De exemplu, în S.U.A. [12] se apreciază că la producerea a 1 000 t oţel, rezultă 2 800 t de reziduri miniere, se elimină în aer 121 t de poluanţi şi rămîn pentru depozitare 970 t de reziduuri solide!

IV.2. Poluarea şi agricultura

În afara acestor surse de poluare a solului cu acţiune localizată, trebuie menţionată poluarea lui difuză creată de mijloacele de transport, precum şi cea datorată turismului şi organizării locurilor de odihnă şi agrement. Organizarea agrementului implică mari suprafeţe de teren răpite agriculturii şi despăduriri masive pentru a asigura cerinţele de confort şi dotare a bazelor sportive aferente. Această acţiune de despădurire alterează şi uneori anihilează procesul de autoepurare, specific păturii superficiale a solului şi accelerează procesele de eroziune. În pedologia modernă se consideră că în fiecare zonă învelişul vegetal, fauna şi flora sînt legate de natura geologică a solului şi de climatul respectiv. Specialiştii americani (de la U. S. Soil Conservation Service) au întreprins o clasificare a solurilor în patru clase şi 8 categorii limită în raport cu natura lor (reflectată în compoziţia chimică şi proprietăţile fizice) panta terenului, gradul de eroziune, climatul, indicînd modul de exploatare optim. Această clasificare este redată în schema IV.1.

Schema IV.1
Clasificarea solurilor [4]

Categoria	*Caracteristici*	*Aptitudinile principale pentru cultivare*
	A. TERENURI PROPRII PENTRU CULTIVARE	
I	Teren plan care poate fi cultivat fără precauţii speciale	Agricultură
II	Teren cultivabil cu precauţii elementare (culturi în bandă, în înveliş ierbos)	Agricultură, păşunat
III	Teren care poate fi cultivat cu mijloace intensive de protecţie	Agricultură, păşunat
	B. TERENURI CARE PERMIT CULTIVAREA TEMPORARA	
IV	Teren foarte fragil datorită pantei, structurii pedologice, caracteristicilor hidrologice	Menţine vegetaţia iniţială
	C. TERENURI IMPROPRII PENTRU CULTIVARE, DAR SUSCEPTIBILE PENTRU AMENAJARE	
V	Teren stabil dacă este acoperit cu un înveliş vegetal permanent impus unei exploatări raţionale	Păduri. Păşunat extensiv Menţinerea vegetaţiei
VI	Teren care necesită precauţii contra eroziunii accelerate	Păduri. Păşunat extensiv Menţinerea vegetaţiei iniţiale. Urbanizare
VII	Terenuri foarte fragile, precauţii mari	Păduri. Menţinerea vegetaţiei iniţiale. Urbanizare
	D. TEREN IMPROPRIU PENTRU ORICE FEL DE EXPLOATARE	
VIII	Terenuri foarte fragile fără structură pedologică, condiţii hidrografice extreme	Menţinerea vegetaţiei iniţiale. Urbanizare

Din această schemă reiese importanța păstrării, în privința exploatării terenurilor din categoriile I—VII, a unui echilibru agro-silvo-pastoral. Terenurile din categoria VII se pretează pentru formarea de rezervații ale faunei și florei sălbatice. Omul poate obține de la aceste terenuri doar lemnul și vînatul. În general, programele de amenajare de noi teritorii necesită în prealabil efectuarea unor „anchete ecologice" pentru o utilizare rațională a pămînturilor.

Așa cum constată J. Dorst în cartea sa -avertisment *Înainte ca natura să moară*, distrugerea solului s-a făcut „prin fier și foc". Despăduririle masive, incendierea brusei[4], pășunatul excesiv și practici agricole necorespunzătoare pe anumite terenuri, toate acestea contribuie la o eroziune accelerată a solului.

Efectele pe care le au despăduririle merită o examinare specială.

Se apreciază că peste două treimi din suprafața inițială a pădurilor planetei a fost defrișată, acțiunea de defrișare fiind accelerată în ultimele două secole. Micșorarea suprafeței ocupate cu păduri se repercutează negativ asupra echilibrului ecologic din cauză că se reduce procesul de fotosinteză [33, 34]. Considerînd reacția de obținere a monozaharidelor în plante, pe cale fotochimică:

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow{h\nu} C_6H_{12}O_6 + 6O_2,$$

reiese că pădurea absoarbe dioxid de carbon și generează oxigen.

Pe de o parte, prin defrișări se micșorează cantitatea de oxigen pe care „aurul verde", cum este supranumită pădurea, o furnizează mediului, pe de altă parte se frînează procesul de absorbție al dioxidului de carbon din atmosferă. Or, în capitolul II.3. am arătat efectele nefaste corespunzătoare micșorării raportului O_2/CO_2 în atmosfera planetei, cauzată de faptul că economia mondială este dominată de producerea de energie termică prin procese de combustie.

Se pare că mărirea și refacerea fondului mondial al

[4] Matei Nicolau, *Unele probleme de interes ecologic, economic și social în relația mediu—dezvoltare*. În: *Problemele globale și viitorul omenirii*, Ed. Politică, București, 1982.

pădurilor este singura posibilitate de a mări acest raport[5], pădurea putînd fi asemănată cu o mașină care introduce în atmosferă oxigenul necesar vieții și absoarbe din atmosferă dioxidul de carbon. Pădurea este un desăvîrșit regulator al sistemului hidrologic astfel că defrișarea pădurilor are ca efect, pe termen lung, un dezechilibru climatic global. Astfel, consecința defrișărilor masive este intensificarea inundațiilor, fapt care reiese din compararea cifrelor relevante pentru cele două aspecte [11, 30].

Pădurea este protectorul solurilor agricole. Dispariția pădurilor are ca efect imediat eroziunea solurilor agricole în pantă, băltirea în cazul zonelor depresionare și colmatarea lacurilor de acumulare.

Iată de ce refacerea pădurii este în același timp o chestiune globală și una de interes național.

Este de menționat că și în cazul țării noastre refacerea fondului silvic este o problemă stringentă (situație surprinsă așa cum am văzut în capitolul I.3 în legea nr. 2/1976 privind „Programul pentru conservarea și dezvoltarea fondului forestier"), deoarece România, cotată în vechime cu 80%, are astăzi numai 27% [11] teren acoperit cu păduri.

Înaintarea poluării și degradării solului provocată de activitățile umane, se constată, în mod asemănător cu cele rezumate în capitolul III.4, cu ajutorul unei palete bogate de metode chimice, fizico-chimice, bacteriologice, toxicologice. Este de ajuns să menționăm una din cele mai noi metode: cartografierea după fotografii luate din Cosmos [35] pentru a delimita, de exemplu, înaintarea zonelor deșertice sau poluarea oceanului planetar.

Cantitățile enorme de aluviuni, provenite din eroziune, care ajung în rîuri, reduc fertilitatea solului, pe de o parte, și măresc costul operațiilor de întreținere a instalațiilor hidrotehnice și a transportului fluvial pe de altă parte.

Pe terenurile rămase pentru agricultură se practică o exploatare intensivă care utilizează din plin tratarea cu îngrășăminte artificiale și deci, intervine următoarea si-

[5] Brusa reprezintă vegetația specifică stepelor, savanei africane, constituită din plante conținînd multă lignină, slab dezvoltate și cu multe ramificații (mărăcinișuri).

tuație: pe de o parte îngrășămintele complexe au o eficiență foarte mare și asupra buruienilor și necesită folosirea ierbicidelor și antidăunătorilor.

Pe de altă parte, așa cum s-a constatat în deceniul 7, în statele Illinois și California din S.U.A., Israel și R. F. Germania, folosirea intensivă a îngrășămintelor cu azot mărește conținutul de azotați în apa potabilă a regiunilor învecinate culturilor tratate. După ingerarea acestei ape, sub acțiunea anumitor bacterii din flora intestinală a omului (mai active la copii decît la adulți), azotații trec în azotiți. Aceștia sînt nocivi deoarece se combină cu hemoglobina din sînge blocînd-o sub formă de methemglobină, împiedicînd transportul oxigenului din organism de către pigmentul respirator. Intervine cianozarea tegumentelor și moartea prin asfixiere la un conținut de azotați în apa potabilă mai mare de 45 ppm!

Insecticidele pot fi de proveniență *vegetală* (ca nicotina — extrasă din frunzele de tutun — sau piretra, extrasă din crizanteme) sau de *sinteză*. Această ultimă grupă, din ce în ce mai numeroasă, pe măsură ce se practică metodele intensive în agricultură, cuprinde insecticide *anorganice* (produși de arsen — acetoarseniatul de cupru este substanța de bază din *verdele* de Paris, sau de fluor — fluorosilicați) și *organice* (numite și pesticide[6]). După căile de acțiune se deosebesc insecticidele de *contact*, de *ingestie*, de *inhalație* și cu acțiune multiplă. Din punct de vedere al mecanismului de acțiune, insecticidele pot bloca actul respirator, sistemul nervos sau acționează ca toxine.

O cauză a diversificării producției de pesticide constă în faptul că folosirea unui nou produs declanșează anumite reacții de adaptare ale organismelor ce trebuie eliminate din culturi. Rezistența insectelor la pesticide este considerată de geneticieni dovada eficacității selecției naturale. Mecanismul rezistenței este legat de existența unor enzime care atacă compușii toxici și îi transformă în compuși inofensivi.

Probleme grave de poluare au fost observate pe măsură ce s-a diversificat producția de pesticide.

[6] Pesticide se numesc produsele destinate luptei contra paraziților de proveniență animală sau vegetală.

Se consideră că peste 140 specii de păsări au căzut victime ale pesticidelor din cauza concentrării acestora prin lanț trofic [4].

O dată cu dezvoltarea cercetărilor privind caracteristicile structurale necesare unui produs ca să fie toxic pentru anumite organisme și concomitent să se degradeze în mediu (la structuri inerte sau molecule utilizabile în ciclurile metabolice) s-au obținut unele informații, care pentru principalele clase de pesticide sînt redate în tabelul IV.2.

Tabelul IV.2

Degradarea în sol a pesticidelor

Clasa	*Persistența*	*Degradarea inițiată prin următoarele procese:*
Carbamați	2—9 săptămîni	hidroliza esterilor
Acizi alifatici halogenați	3—10 săptămîni	dehalogenare
Organofosfați	1—12 săptămîni	hidroliza esterului
Fenoxi acizi	1—5 luni	dealchilare, hidroxilarea inelului fenolic
Nitrili	4 luni	dealchilare
Triazine	3—18 luni	dealchilare sau dehalogenare
Hidrocarburi clorurate	2—5 ani	dehidrohalogenare sau epoxidare

Din tabelul IV.2 reiese faptul că în clasa carbamaților intervine degradarea relativ rapid, iar în clasa hidrocarburilor clorurate cel mai lent. Carbamații sînt utilizați ca insecticide, ierbicide, fungicide și nematocide. Dacă reținem că în clasa carbamaților intră o serie de compuși înrudiți: metilcarbamații, fenilcarbamații, tio și ditiocarbamații atunci, este de înțeles că limitele de persistență date sînt determinate de rezistența diferitelor structuri ale compușilor amintiți la degradare.

Alt exemplu foarte interesant se poate da în clasa compușilor organofosforici, utilizați ca insecticide.

Compuși organofosforici, prin hidroliză enzimatică sau chimică, care îndepărtează gruparea labilă, dau un rest fosforic, utilizat de bacterii ca sursă de fosfor și un compus organic care în continuare este lent degradabil [26].

Pentru diverse insecticide din această grupă vitezele de hidroliză chimică depind de *p*H, după cum reiese din tabelul IV.3.

Tabelul IV.3

Pesticid	*Grad de hidroliză*	*pH*	*Timp [h]*
Paration	50%	7	8
Diclorvos	50%	7	7
Malation	50%	5—7	5

Reiese clar importanța pe care o are cunoașterea acestei dependențe. În consecință la prepararea soluțiilor de pesticid trebuie să se țină seama și de caracterul solului.

Din tabelul IV.2 a reieșit că, în clasa pesticidelor de tip hidrocarburi clorurate, degradarea biologică se inițiază cel mai lent sub atacul microorganismelor din apă și sol. Astfel HCH (hexaclorciclohexanul) se degradează foarte lent prin reducere și eliberare de clor, hidroxilare și scindare oxidativă a ciclului hexanic [26]. Doar în culturi de laborator s-a reușit transformarea unei molecule de DDT, (diclordifeniltricloretan) prin cometabolism[7] [37].

Iată ce bogată rețea de conexiuni declanșează la nivelul dezvoltării actuale acțiunea umană asupra naturii!

Din cauza problemelor complexe create de impactul pesticidelor asupra mediului, a faptului că folosirea unui pesticid nu poate fi autorizată decît în urma unor cercetări serioase și obiective, s-a creat un organism suprastatal, Comisia Internațională de Analiză a Pesticidelor

[7] Cometabolismul reprezintă transformarea bacteriană (a două, sau mai multe specii de microorganisme împreună) a unei combinații care nu servește organismelor respective ca sursă de carbon și energie [37].

(CINAP). Se cere ca substanța studiată, preconizată pentru astfel de utilizare, să nu aibă efecte toxice concomitente asupra solului și comunităților biologice naturale sau artificiale învecinate [4]. Folosirea pesticidelor rămîne indispensabilă contra insectelor purtătoare de germeni patogeni.

Dar chiar turismul poate însemna poluarea solului!

Turismului, înțeles în sensul mărginit al rătăcitorului risipitor și inconștient, i se datorează prezența cutiilor de conserve, a hîrtiilor și pungilor de plastic împrăștiate peste tot, în păduri, în preajma lacurilor și izvoarelor, în peșteri și pe vîrfuri de munte, etc. Aceste materiale greu degradabile „degradează" locuri de o valoare inestimabilă[8] pentru om.

În 1979, în Munții Retezat, pe malul lacului cu același nume, se observa o grămadă imensă de cutii de conserve și alăturat pe un indicator, o tăbliță explicativă. Se menționa că această grămadă de cutii a fost scoasă din lac de către copii, prieteni ai naturii din comuna Pietrele, pentru a împiedica eutrofizarea acestei perle a Munților Retezat.

IV.3. Reciclarea diferitelor tipuri de reziduuri solide

Înțelegînd esența profundă a legii a II-a a ecologiei: „În natură toate sînt legate de toate", eforturile pentru limitarea și micșorarea poluării solului trebuie să fie mai cu seamă de natură organizatorică. Într-o societate în care problema vitală a tuturor membrilor societății este calitatea mediului, extinderea poluării solului prin reziduuri industriale se poate limita prin organizarea judicioasă a valorificării complexe a minereurilor și materiilor prime, a reciclării reziduurilor solide. Se impun proiectarea și realizarea sincronizată a instalațiilor ce urmăresc extracția componentelor majoritare, necesare pentru produsul principal precum și a celor pentru produsele secundare care utilizează reziduurile de fabricație. Reciclarea sem-

[8] Edouard Bonnefous pasionat de istorie, demografie și ecologie tratează problema degradării peisajului natural în cartea sa *Omul sau natura?* (Paris, 1970) sub titlul *Omul împotriva peisajului?*

nifică deci introducerea în circuitul de prelucrare a acelor reziduuri care conțin componente utile, neutilizate în cursul procesului primar de fabricație.

Vom da un exemplu care a mai fost utilizat pe parcursul lucrării. Piritele, minereuri constituite în principal din sulfuri de fier, mai conțin seleniu, cupru, zinc în proporție de 0,6—1% [13]. Prin procedee de tip flotație sau pirometalurgice aplicate, în trepte succesive, minereurilor respective sau prin procedee de reciclare, aglomerare și extracție a cenușilor, rezultate din arderea lor, se ajunge la o îmbogățire în componenta dorită.

Acesta este motivul pentru care pe platformele clasice de metalurgie feroasă apar ca satelite uzinele metalurgiei neferoase, fabrici de acid sulfuric; tocmai pentru a se putea obține o valorificare superioară a minereurilor și reciclarea reziduurilor!

Cantitățile de metale neferoase recuperate din surse de reziduuri învechite notate prin simbolul I și imediate (existente în uzine) II de către S.U.A. la nivelul anului 1969, sînt cuprinse în tabelul IV.4. Reiese pregnant din

Tabelul IV.4

Recuperarea metalelor neferoase din reziduuri după [12]

Metal	*I/II*	*Cantitatea reciclată [mii tone]*
Aluminiu	I	175
	II	855
Cupru	I	667
	II	832
Plumb	I	497
	II	88
Zinc	I	41
	II	141

compararea datelor pentru cele patru metale de bază ale industriei de neferoase, că se pot distinge două situații.

Pentru cupru și plumb recuperarea din sursa I (reziduuri învechite obținute prin colectare) reprezintă o parte

importantă, iar pentru aluminiu și zinc este valabilă situația inversă, și anume că reziduurile imediat disponibile din fabricație sînt utilizate pentru recuperarea acestor metale, proporția fiind însă diferită. Recuperarea metalelor din sursele învechite este direct legată de forma sub care se prezintă reziduul respectiv și modul de depozitare. Astfel, mari cantități de plumb sînt recuperate din bateriile de acumulatori uzate, returnate de consumatori [12]. Deșeurile învechite de zinc care sînt în stare dispersată, în care apar în mică cantitate alături de zinc și alte metale erau slab valorificate la nivelul anului 1975.

Ce înseamnă valorificarea la maximum a posibilităților pe care le oferă în bloc o anumită materie primă ne putem da seama după următorul exemplu: în industria lemnului s-a ajuns la o valorificare[9] a deșeurilor[10] de lemn pe multiple căi: sub formă de combustibil natural sau brichetat, ca materie primă pentru obținerea alcoolilor metilic și etilic, a acidului oxalic și dinamitei, utilizarea talajului ca ambalaj pentru fructe și obiecte fragile, a rumegușului pentru uscatul diferitelor obiecte și ca masă de umplutură în industria panourilor. Recuperarea deșeurilor are trei avantaje: conservă resursele naturale, contribuie la scăderea enormelor depozite de reziduuri care acoperă și poluează solul, micșorează consumurile specifice de energie.

Idealul este, deci, o „producție fără deșeuri". În general, consumul de diverse materiale pe cap de locuitor este mare astăzi și mereu crescător. Din păcate, din enorma producție de „tehnomasă" implementată în mediul înconjurător de către om, se recuperează doar o cantitate infimă de 5%.

Se consideră că o cale extrem de inteligentă de economisire a materialelor, energiei și concomitent o modalitate de diminuare a poluării solului, datorată „cimitirelor de utilaje vechi" este elaborarea unor tehnologii de recondiționare cît mai eficiente. Sînt necesare noi tehnologii pentru extracția unor materiale noi, aproape indestructibile

[9] Valorificarea deșeurilor este scopul *chimiurgiei*. Justificarea termenului se poate face după sensul părților lui componente: *chim* — suc sau amestec, *urgo* — a utiliza.

[10] Termenul provine din limba franceză și semnifică *in extenso* ceea ce cade dintr-o materie primă.

ajunse în fluxul de reziduuri solide, trebuie dezvoltate metode eficiente de reciclare [12].

În ceea ce privește problema gunoaielor orășenești ale căror cantități se amplifică proporțional cu numărul locuitorilor, rezolvarea ei este din ce în ce mai dificilă. (În S.U.A. se apreciază că fiecare locuitor contribuie, în medie, cu un kilogram pe zi la acumularea de reziduuri menajere. Astfel în 1960 în S.U.A. au fost incinerate 100 milioane tone reziduuri menajere. Către 2000 se apreciază că această cantitate va ajunge la 175 milioane tone. Dacă n-ar fi îndepărtată această uriașă cantitate ar acoperi într-un an un oraș de mărimea Washingtonului la 10 m înălțime!) Rezultă că este necesară sortarea, colectarea și depozitarea reziduurilor menajere pentru a se putea trece la operația de valorificare diferențiată.

Se constată, de asemenea, că este mult mai economică sortarea chiar la producător și colectarea diferențiată a reziduurilor menajere.

Astfel, hîrtia[11] și deșeurile textile iau drumul fabricilor de celuloză, reziduurile de natură organică se dirijează fie pentru arderea centralizată în uzine care permit valorificarea căldurii produse (alternativă avantajoasă în cazul orașelor mari), fie pentru depozitarea controlată în condiții în care se poate realiza fermentația aerobă ce duce, în final, la obținerea unui compost utilizabil ca îngrășământ în agricultură.

Este necesară examinarea separată a situației recuperării reziduurilor solide din materiale plastice deoarece se constată că acestea reprezintă un procent crescător din volumul total al reziduurilor solide orășenești, egal cu 3% din volumul total al reziduurilor în S.U.A. la nivelul anului 1980 [12]. Problema este deosebit de dificilă din mai multe motive.

[11] De exemplu, numai la nivelul anilor 1980 pentru S.U.A. consumul de hîrtie era de 85 milioane tone, cantitatea de hîrtie păstrată (documente, arhivă, diverse), 10 milioane tone, iar cantitatea de hîrtie recuperată doar 22 milioane tone [12]. Extinderea cantității de hîrtie recuperată presupune eforturi organizatorice și de convingere, cointeresare pentru colectarea hîrtiei de la consumatorii individuali și de la marile colectivități (școli, facultăți, institute de proiectare, edituri etc.).

Din punct de vedere al comportării lor la temperaturi înalte sînt două tipuri de materiale plastice: materiale termoplastice și termorigide. Materialele termorigide, produse în proporție de 25% din ansamblul materialelor plastice, nu se pot recicla.

Densitatea mică a materialelor termoplastice (recuperabile) face transportul lor costisitor. Pe de altă parte, reziduurile din materiale termoplastice fiind tot atît de diversificate ca producția însăși, se constată că diferiții polimeri (polietilenă, policlorură de vinil etc.) nu sînt compatibili, ceea ce face necesară sortarea lor, operație dificilă și costisitoare. Colectarea trebuie să se bazeze în special pe cantitățile mari de astfel de reziduuri furnizabile de către industria de construcții și ambalaj [12].

Sticlele de dimensiuni netipizate și spărturile de sticlă, predate separat reprezintă concomitent o economie de materie primă și energie electrică pentru industria sticlei.

IV.4. Risc și securitate în problema deșeurilor radioactive

În legătură cu „foamea de energie", caracteristică secolului nostru, una din soluțiile general adoptate pentru dezvoltarea energeticii pe plan mondial este construirea centralelor bazate pe combustibilul nuclear[12].

Combustibili nucleari se numesc substanțele ce conțin specii nucleare implicate în reacția nucleară producătoare de căldură.

Energia termică se poate obține prin reacții de fisiune și fuziune nucleară, iar combustibilii nucleari se diferențiază după aceste două tipuri de procese.

Din categoria elementelor fisionabile, a căror raport $Z^2/A \simeq 50$ (unde Z — numărul de ordine al elementului în sistemul periodic, egal cu numărul de protoni în nucleu, A — numărul de masă adică suma numărului de protoni și neutroni din nucleu deci $A=Z+N$) din punct de vedere energetic sînt convenabile numai cele care pot fisiona într-o reacție în lanț controlabilă. Ușor fisionabile prin bombardare cu neutroni lenți (de energie pînă la 1,5 MeV)

[12] I. Niederkorn și G. Lemnaru, *Combustibilii nucleari*. Edit. Științifică și Enciclopedică, București, 1980.

sînt nucleele $^{235}_{92}U$ (0,72% în minereul natural de uraniu), $^{239}_{94}Pu$, $^{241}_{94}Pu$.

Prin bombardare cu neutroni rapizi (de energie 6,5 MeV) sînt fisionate nucleele: $^{238}_{92}U$ (99,21% în minereul natural), $^{232}_{90}Th$.

Deoarece resursele de uraniu și thoriu nu sînt îndestulătoare pe o perioadă foarte mare de timp, speranțele energeticii viitorului se bazează pe reactoarele de fuziune. Reacțiile de fuziune se amorsează numai la temperaturi foarte ridicate eliberîndu-se o cantitate mare de energie. Poate fi dată, ca exemplu, o serie de astfel de reacții:

$$^{2}_{1}H + ^{2}_{1}H \rightarrow ^{3}_{2}He + ^{1}_{0}n + 3{,}25 \text{ MeV}$$

$$^{2}_{1}H + ^{2}_{1}H \rightarrow ^{3}_{2}He + ^{1}_{0}n + 4 \text{ MeV}$$

$$^{3}_{1}H + ^{2}_{1}H \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{1}_{0}n + 17{,}6 \text{ MeV}$$

$$^{3}_{2}He + ^{2}_{1}H \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{1}_{1}H + 18{,}3 \text{ MeV}$$

Sursa de deuteriu și hidrogen este apa mărilor și oceanelor. Pînă acum nu se controlează toți parametrii procesului și nu s-a reușit realizarea fuziunii într-o măsură în care ar putea fi utilă.

Majoritatea centralelor atomoelectrice de astăzi se bazează deci pe procesul de fisiune al nucleului de $^{235}_{92}U$, obținut prin îmbogățirea minereurilor de uraniu, sau pe procesul de fisiune al $^{239}_{94}Pu$, obținut în reactoare prin bombardarea combustibilului nuclear primar cu neutroni rapizi (de aici justificarea denumirii reactoarelor respective de reactoare *regeneratoare*).

Dar atît din uzina de preparare și îmbogățire a minereurilor, cît și din centrala electrică-nucleară în afară de elementul utilizabil concentrat, metal sau energie electrică apare o cantitate considerabilă de produse secundare, deșeuri. Deșeurile obținute în aceste situații merită o atenție specială, chiar dacă sînt în cantități nu spectaculos de mari, și au o toxicitate chimică redusă pentru că *radiotoxicitatea lor este deosebită*.

Problema depozitării nu îmbrățișează aici numai chestiunile legate de aspectul plăcut al ambianței. Alegerea

locului de depozitare trebuie făcută cu mare atenție, fiind o problemă de securitate socială[13].

Din acest motiv, astfel de reziduuri-deșeuri solide nici n-au fost incluse în tabelul IV.1.

Din punct de vedere cantitativ, deșeurile radiotoxice ale unei centrale nucleare sînt produse într-o cantitate de $5 \cdot 10^6$ ori mai mică decît cantitatea de cenușă produsă într-o termocentrală (bazată pe arderea cărbunelui) de aceeași capacitate, iar volumul lor este de 10^9 ori mai mic. Evident, este de preferat ținerea sub control a unei cantități reduse de deșeuri, chiar cu periculozitate mare! În funcție de tipul deșeului radioactiv gradul lui de periculozitate este cotat în primul rînd după timpul de înjumătățire (v. Cap. II.3). Specialiștii clasifică deșeurile radioactive după gradul lor de periculozitate în patru categorii care vor necesita depozitarea diferențiată. Acestea sînt: sterilele de la uzinele de prelucrare a minereurilor de uraniu, deșeuri slab radioactive, deșeuri puternic radioactive și combustibilul nuclear uzat.

Precauția care trebuie luată pentru sterile și deșeurile slab radioactive se referă la evitarea răspîndirii lor în biosferă și a contaminărilor radioactive prin lanț trofic.

Este cunoscut faptul că planctonul din rîul Clinch care adună deșeurile de la uzina Oak Ridge este de 1 000 ori mai radioactiv decît apa [38]. Lanțurile trofice terestre sînt mai puțin studiate decît cele acvatice sub acest aspect. Se menționează contaminarea ierburilor, a lichenilor din regiunile polare cu ^{90}Sr, detectat apoi în laptele vacilor și renilor care au păscut pe aceste terenuri [4].

Combustibilul nuclear uzat și deșeurile radioactive acumulate, depozitate necorespunzător ar mări fondul glo-

[13] Din experimentele cu arme nucleare și accidentele unor centrale atomoelectrice s-a constatat că norul de praf radioactiv este purtat de curenții de aer, de obicei sub forma unui hiperboloid, care prin depunere la sol contaminează o zonă sub formă de elipsă. Aria acestei suprafețe depinde de echivalentul în trotil al bombei nucleare. În urma cercetărilor dozimetrice s-a ajuns la concluzia că în interiorul acestei elipse există subzone eliptice caracterizate de activitate din ce în ce mai mare, dispuse cotangent intern la extremitatea frontului de înaintare al norului. Pentru aceste subzone decontaminarea se face diferențiat.

bal de radiații despre care am amintit în capitolul II.4. Soluția tehnică, în general adoptată pentru acestea, este depozitarea lor în galeriile de mină „moarte" — de unde a fost extras minereul de uraniu.

Pentru deșeurile lichide, de radioactivitate mare, obținute la prelucrarea combustibilului uzat se preconizează aducerea într-o formă solidă, cît mai puțin solubilă. Se amestecă deșeul cu ciment și se toarnă în butoaie, sau se vitrifiază prin topire cu un borosilicat obținîndu-se în final niște compuși micști sub formă de pelete. Acoperind ulterior aceste pelete cu carbon pirolitic pentru a mări gradul de izolare, ele sînt închise în recipiente rezistente la impact termic și radiant. Butoaiele sau recipienții cu pelete sînt stocați apoi în depozite săpate în straturi de rocă compactă, la mare adîncime.

Se consideră că gradul de securitate al acestor depozite este suficient de mare. Chiar dacă în urma unor încălziri puternice, pe seama energiei eliberate din dezintegrările radioactive, materialul recipientelor și conținutul lor ar reacționa cu apa infiltrată eventual prin fisurile rocii, drumul produșilor radioactivi pînă la biosferă ar fi foarte lung.

Deci, riscul de contaminare radioactivă la suprafață ar fi redus [39].

O altă posibilitate de depozitare a acestor deșeuri este stocarea butoaielor și recipienților aproape de suprafață în spații special amenajate și supravegheate.

Dar riscul deteriorării acestor depozite prin eroziune, sau în timpul unor calamități (cutremure, inundații) este de luat în considerare în examinarea dezvoltării echipamentelor pentru energia nucleară.

În fine, o a treia posibilitate este depozitarea containerelor cu deșeuri pe fundul mărilor sau oceanelor. Varianta aceasta este afectată de un risc și mai mare, avînd în vedere accelerarea proceselor de coroziune în apa de mare.

Deși, la distrugerea containerelor se obțin soluții foarte diluate nu trebuie pierdut din vedere faptul (arătat în § III.4) că substanțele radioactive se pot concentra prin lanț trofic în diversele specii din flora și fauna oceanelor. Or, oceanul planetar a fost leagănul vieții și reprezintă și

în viitor o resursă importantă de hrană și materii prime pentru omenire.

Rezolvarea problemelor legate de aceste deșeuri pune mereu în fața specialiștilor întrebarea care are desigur și un substrat legat atît de economia de timp, cît și de cea de materiale: „Cît de sigur este suficient de sigur?"[14]

Concluzia care se impune este aceea că pentru a se putea trece la dezvoltarea pe scară largă a industriei de obținere a combustibilului nuclear[15]: „Este necesar să identificăm și să înțelegem toate problemele de sistem inerente în abordarea diverselor opțiuni de asigurare cu energie pe scară largă"[16].

IV.5. Coroziunea utilajelor și legătura ei cu poluarea mediului

Prin coroziune se înțelege procesul spontan de transformare a metalelor în compușii lor în urma interacțiunii cu mediul ambiant [40].

În urma acestui proces are loc distrugerea utilajelor executate din metale sau aliaje metalice cum ar fi instalații metalice în aer liber, instalații portuare, rezervoare de apă, nave, conducte subterane de apă, gaz, instalații de foraj-extracție.

Explorarea metodelor de protecție anticorozivă preocupă din ce în ce mai mult pe cercetători datorită faptului că 10—20% din producția anuală de metale este irecuperabilă din cauza acțiunii corozive a mediului [41]. Problema conservării metalelor este impusă de cuantumul limitat al minereurilor utile existente în sol, de faptul că exploatarea resurselor devine din ce în ce mai costisi-

[14] F. R. Farmer, specialist american în energetică nucleară. Citat după [39].

[15] I. Niederkorn și Gabriela Lemnaru, *Combustibilii nucleari*, Edit. Științifică și Enciclopedică, București, 1980, p. 19: „Dezvoltarea rapidă a producției de energie nucleară, constituie cheia de boltă a programului energetic mondial în viitorul apropiat. La sfîrșitul secolului centralele nucleare vor furniza pentru 38 de țări între 13—85% din energia electrică".

[16] F. R. Farmer, citat după [39].

toare. Economia de instalații și utilaje necesită recondiționarea periodică a pieselor corodabile.

Problemele pe care le ridică coroziunea în țările industrializate sînt deosebite, și de aceea studiul coroziunii s-a constituit ca un compartiment științific cu vaste implicații, avînd statutul de problemă cu caracter prioritar, iar la nivelul multor state, ca și la nivel O.N.U. există „comisii de coroziune", care coordonează rezolvarea acestei probleme.

Am definit coroziunea ca un proces spontan, ceea ce în limbaj termodinamic înseamnă că variația de entalpie liberă ΔG[17] pentru procesul de trecere a metalului sub formă de combinați este negativă, adică împlinește condiția valabilă pentru procese spontane ireversibile:

$$\Delta G < 0$$

Produșii de coroziune rezultați din acest proces apar la suprafața metalului sau aliajului din care este confecționat utilajul, care devine impropriu pentru utilizarea respectivă.

Din studiul lor fizico-chimic rezultă că produșii de coroziune sînt similari ca structură cristalină și compoziție cu compușii obișnuiți ai metalului respectiv [42].

Coroziunea este un proces care se înfățișează sub multiple aspecte. Explicarea naturii procesului de coroziune s-a făcut inițial [41] pe baza unei clasificări după caracterul chimic sau electrochimic al coroziunii. În coroziunea de tip chimic are loc o reacție directă a ionilor metalului cu mediul, nu apare un transport de sarcini electrice. Acest tip de coroziune poate fi identificat în carterele rău aerate ale motoarelor.

În coroziunea electrochimică, la suprafața de separare între metal și mediu apar sarcini electrice care se deplasează sub forma unui curent electric dînd naștere la microcipile galvanice cuplate. În acest caz se presupune existența a cel puțin 2 specii metalice diferite și a unui mediu cu caracter electrolitic. Caracteristic în acest caz este faptul că produsele de coroziune sînt depuse în alt loc decît cel al coroziunii și, în consecință, nu pot avea rol protector. Defectele acestei clasificări constau în faptul că nu există posibilitatea de cuprindere a biocoroziunii (adică a coroziunii provocată de microorganisme) și că nu s-a avut în vedere caracterul eterogen al sistemelor în care apare coroziunea, care necesită luarea în considerație a teoriei sistemelor eterogene.

Alte clasificări ale proceselor de coroziune au în vedere caracterul mediului ambiant însă și aceste clasificări nu cuprind complexitatea mediilor de coroziune. După modul de cuprindere a suprafeței se pot observa *coroziuni de tip local* (cînd sînt cuprinse anumite porțiuni ale suprafeței) și de *tip continuu* (cînd toate părțile suprafeței sînt atacate în aceeași măsură). Există mai multe tipuri de coroziune locală: coroziunea care începe la suprafață și continuă în interior, coroziune în puncte (ciupituri de coroziune — *pitting*[18]), coroziune în pete sau plăgi. În categoria de coroziune locală intră coroziunea *intercristalină* limitată la granițele dintre cristalele metalice, specifică mai ales alamelor, fontelor, oțelurilor inoxidabile și coroziunea *transcristalină* (sau fisurantă), influențată mult de solicitările mecanice și de temperatura mediului ambiant. Apariția coroziunii intercristaline este favorizată de perturbări în tratamentul termic al aliajelor.

În cazul cînd viteza procesului de coroziune este constantă, coroziunea este uniformă, iar cînd viteza variază, coroziunea este neuniformă.

Clasificarea proceselor de coroziune după criteriile arătate este prezentată în schema IV.2.

Teoriile moderne asupra coroziunii au în vedere preponderența proceselor de coroziune de tip electrochimic, deoarece se remarcă legătura între corozivitatea unui metal și poziția lui în seria tensiunilor. Aceste teorii se axează pe clasificarea proceselor corozive după natura mediului ambiant, deoarece cinetica (viteza și mecanismul) proceselor de coroziune umedă și uscată sînt diferite.

[17] Variația de entalpie liberă este un criteriu pentru desfășurarea procesului: $\Delta G<0$ corespunde procesului ireversibil (spontan), $\Delta G=0$ procesului reversibil (de echilibru) iar $\Delta G>0$ semnifică un proces imposibil în sensul considerat. Variația de entalpie liberă este corelată cu variația de entalpie ΔH (măsurată de căldura de reacție la presiune constantă) și de variația de entropie ΔS (la o anumită temperatură prin relația: $\Delta G=\Delta H-T\Delta S$.

[18] Termenul folosit în literatura de specialitate.

Schema IV.2

Clasificarea proceselor de coroziune

Criterii de clasificare	*Tip de coroziune*
Caracterul procesului de coroziune	Coroziune chimică Coroziune electrochimică
Caracterul mediului ambiant	Coroziune umedă (în prezența soluțiilor apoase de electroliți) Coroziune uscată (gaze, soluții de neelectroliți)
Modul de cuprindere al suprafeței	Coroziune locală — de adîncime — punctiformă — pete, plăgi — intercristalină — transcristalină Coroziune continuă
Valoarea vitezei de coroziune	Coroziune uniformă Coroziune neuniformă

Coroziunea uscată

Dacă obiectul metalic se află la temperatură ridicată în contact cu o atmosferă cu conținut variabil în diverse gaze uscate corozive (oxigen, hidrogen, halogeni, hidrogen sulfurat, mercaptani), atomii liberi și cationii metalici din rețeaua cristalină a metalului (sau aliajului metalic) vor intra în interacțiune, de exemplu, cu oxigenul și la suprafața metalului se va forma o peliculă de coroziune de oxid [43]. Monostratul de oxid va permite accesul ulterior prin difuziune la suprafața metalică atît a cationilor metalici, electronilor cît și a mediului coroziv și se va asigura astfel continuitatea procesului de coroziune printr-o reacție peliculogenă.

Se cunosc o serie de pelicule (filme) de coroziune (de exemplu cele de Cu_2O, Ag_2S), care se comportă ca electroliți solizi, în care apare fenomenul de migrare ionică concomitent cu deplasarea electronilor, dar de-a lungul unor plane diferite (mecanism ionoelectronic). Fenomenul migrării ionice cu viteze diferite determină apariția unor micropile galvanice scurtcircuitate, cu potențial anodic localizat la interfața obiect metalic / conductor solid (film de oxid) / atmosferă oxidantă.

Factorii care influențează viteza procesului de coroziune uscată sînt următorii:

— proprietățile filmului de oxid: permeabilitate, conductibilitate electrică (cu o contribuție ionică sau electronică diferită la diverși oxizi), aderență;
— creșterea temperaturii;
— viteza de deplasare a mediului gazos;
— conținutul diferit de component agresiv în fază gazoasă.

O permeabilitate redusă a peliculei pentru oxigen determină un caracter protector al peliculei, însușire care variază de la metal la metal și este la rîndul ei influențată de continuitatea peliculei. Aderența peliculei este dependentă de starea suprafeței metalului la care are loc formarea peliculei și este influențată de „istoria" tratării termice a metalului respectiv.

În general, s-a constatat că dacă valoarea raportului volum metal / volum oxid metalic este supraunitară, atunci pelicula este aderentă și impermeabilă pentru oxigen, avînd un caracter protector (de exemplu în cazul aluminiului și cromului). Dacă acest raport este subunitar, pelicula respectivă are un caracter neaderent și mai puțin impermeabil și procesul de coroziune nu este stagnant, ci continuă lent (ca în cazul cuprului și fierului). Dacă și permeabilitatea pentru oxigen a peliculei este mare (magneziu), procesul de coroziune devine rapid.

Ca o regulă generală, în cazul metalelor cu greutate atomică mică volumul oxidului este mai mare decît volumul metalului din care s-a format și pelicula nu este nici continuă și nici protectoare.

Raportul amintit se exprimă explicit prin relația:

$$\frac{Md}{n \cdot A \cdot D} \geqslant 1$$

unde: M este masa moleculei de oxid; d — densitatea metalului; n — numărul de atomi metalici într-o moleculă de oxid; A — masa atomică a metalului; D — densitatea oxidului.

Pentru reacțiile de coroziune uscată se deosebesc trei tipuri de ecuații care corelează dependența de timp a vitezei de coroziune:

a) Procese cu viteza de coroziune constantă:

$$\frac{dy}{dt} = K,$$

unde: y este grosimea peliculei de oxid; K — o constantă;

Prin integrare rezultă:

$$y = Kt + ct;$$

b) Procese de coroziune la temperaturi mari, în care viteza de coroziune este limitată de o lege de tip parabolic:

$$\frac{dy}{dt} = \frac{K'}{y}$$

Prin integrare rezultă:

$$y^2 = 2K't + ct;$$

c) Procese de coroziune la temperaturi joase, în cazul filmelor protectoare subțiri, unde viteza de coroziune este determinată de relația:

$$\frac{dy}{dt} = \frac{K''}{t}$$

care prin integrare devine:

$$y = K'' \ln \left(\frac{t}{ct} + 1 \right)$$

Rezolvarea acestor ecuații implică cunoașterea constantelor de viteză (K, K', K'') și a constantelor de integrare. Din cele 3 tipuri de procese cel mai frecvent întîlnit este cel corespunzător cazului b), motiv pentru care este studiat mai detaliat.

Ținînd cont de faptul că apare o micropilă

metal/oxid/atmosferă oxidantă

și introducînd caracteristicile electrochimice ale fazelor ce o compun, viteza de coroziune în cazul b), se poate exprima cu ajutorul legilor lui Ohm și Faraday, prin relația:

$$\frac{dy}{dt} = \frac{E\lambda(n_a + n_c)n_e \cdot I}{\rho F}$$

unde: E este forța electromotoare (f.e.m.) a pilei metal/oxid/atmosferă oxidantă; λ — conductivitatea electrică a filmului de oxid; n_c, n_a, n_e — numerele de transport ale cationilor, anionilor electronilor; ρ — densitatea filmului; I — echivalentul gram de oxid al filmului.

După integrarea ultimei ecuații în condiția t=0, y=0 obținem:

$$y^2 = \frac{2E\lambda(n_a + n_c)n_e \cdot I}{\rho F} \cdot t$$

Într-un număr restrîns de cazuri valoarea constantei K' este identică cu raportul

$$\frac{E \cdot \lambda(n_a + n_c)n_e \cdot I}{\rho F}$$

K' se poate determina pe baza reprezentării grafice a valorilor y, t obținute experimental și a comparării lor cu reprezentarea grafică a consecinței ecuației corespunzătoare cazului b).

Numeroasele neconcordanțe sînt determinate de mai multe cauze. Astfel f.e.m. nu este constantă deoarece intervine polarizarea anodică și catodică a electrozilor (esența fenomenului polarizării va fi lămurită mai departe). Conductivitatea filmului de oxid este o mărime variabilă în timp, depinzînd de grosimea peliculei de oxid, de forma și compoziția filmului, mărimi care de asemenea nu sînt constante. Unele filme de oxid au caracter de semiconductor, caracter care este determinant pentru mecanismul coroziunii uscate [44].

Coroziunea umedă

Dacă un obiect metalic este în contact cu o soluție apoasă a ionilor săi, după un anumit timp se poate constata că la limita de separație metal-soluție a apărut o diferență de potențial. Această diferență de potențial corespunde echilibrului electrochimic între metal-soluție. Explicarea încărcării suprafeței se face în modul cel mai simplu după teoria osmotică a pilelor a lui W. Nernst (1906), care operează cu tensiunea de dizolvare electrolitică P, mărime ce caracterizează tendința metalului de a trimite ioni în soluție, conform procesului $M \rightarrow M^{n+} + n\bar{e}$ și cu presiunea osmotică a soluției π, care condiționează procesul invers de depunere a ionilor pe metal.

Dacă $P > \pi$, suprafața metalică se încarcă negativ și se comportă ca un anod.

Dacă $P < \pi$, suprafața metalică se încarcă pozitiv și se comportă ca un catod.

Dacă două metale încărcate diferit sînt cufundate în electrolit și sînt legate printr-un conductor metalic se poate percepe existența unui curent electric cu ajutorul unui miliampermetru adecvat, iar sistemul realizat reprezintă o pilă galvanică. Din studiul multor astfel de sisteme s-a ajuns la concluzia că la anod au loc procese de oxidare (dizolvarea anodică a metalelor, halogenarea moleculelor organice etc.), iar la catod au loc procese de reducere.

Prin procese de electrod se înțeleg schimbările care apar la suprafața de separare metal-electrolit cînd potențialul este diferit de cel de echilibru, de exemplu prin trecerea unui curent electric [45]. Modificarea de potențial apărută în urma schimbărilor condițiilor de echilibru se numește *polarizare*. Cunoașterea acestui fenomen implică cunoașterea reacțiilor ce se petrec la electrozi, constituite în cele mai simple cazuri dintr-un sistem, de reacții consecutive, caracterizat, de exemplu, de astfel de etape: transportul ionilor spre electrozi (prin migrare, difuziune sau convecție), adsorbția ionilor pe electrod, descărcarea lor, reacția electrochimică, desorbția produșilor primari de reacție, reacții secundare cu participarea produșilor de reacție primari, transportul produșilor finali.

Se consideră inițial echilibrul dinamic între metal—soluție caracterizat prin potențialul de electrod de echilibru ε_{rev}. La limita de separație au loc procese electrochimice opuse (de tip anodic și catodic), cărora le corespund curenți electrici de intensități egale: i_+ — intensitatea curentului corespunzătoare procesului anodic; i_- — intensitatea curentului corespunzătoare procesului catodic.

Curentul de schimb i străbate electrodul la echilibru și este determinat de identitatea:

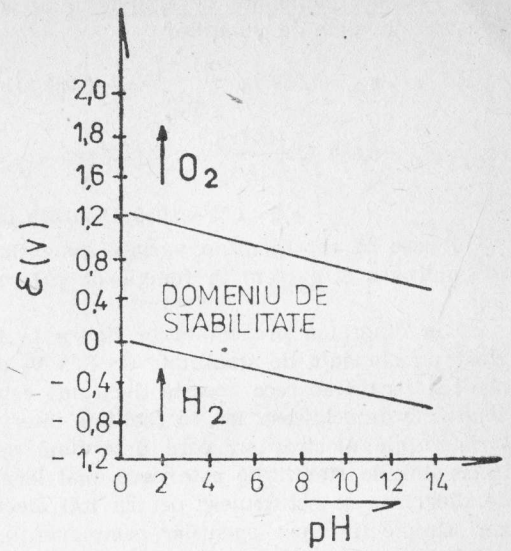
$$i_+ = i_- = i.$$

Considerînd un electrod într-o pilă care debitează curent (un electrod polarizat), curentul anodic este diferit de cel catodic și curentul global este dat de relația:

$$i_+ - i_- = i.$$

Potențialul corespunzător este ε_i.

Fig. IV.1. Diagrama de echilibru potențial — *p*H a apei.



Diferența de potențial între potențialul electrodului polarizat și potențialul de echilibru măsoară supratensiunea:

$$\varepsilon_i - \varepsilon_{rev} = \eta$$

Sînt valabile inegalitățile:

$$\eta_{catodică} < 0 \quad \text{și} \quad \eta_{anodică} > 0$$

Curba care arată dependența potențialului electrodului polarizat în funcție de curent se numește *curbă de polarizare*. Pentru a putea compara rezultatele diverselor experimente se utilizează reprezentarea potențial-densitate de curent (intensitatea raportată la unitatea de suprafață).

Dacă se reține faptul că orice corp metalic, care se umectează cu apă ce conține bioxid de carbon sau alți electroliți dizolvați, poate fi considerat ca un electrod, atunci, din diagrama de echilibru în coordonate potențial—*p*H, la diverse concentrații ionice și în condiții izobare-izoterme (numită diagramă Pourbaix), se poate determina stabilitatea corpului metalic respectiv. În prealabil se analizează diagrama de stabilitate a apei (vezi fig. IV.1).

În apa cu proprietăți bune conducătoare de electricitate (din cauza adaosului de săruri), catodul de platină se transformă în electrod de hidrogen, anodul devine un electrod de oxigen. Pre-

supunînd o funcţionare reversibilă a acestor electrozi, potenţialele lor sînt date de ecuaţiile:

$$\varepsilon_{H_2}=0{,}059\ \lg\ \frac{[H^+]}{p_{H_2}^{1/2}}=-0{,}059\ pH-0{,}029\sqrt{p_{H_2}}$$

$$\varepsilon_{O_2}=\varepsilon^{\circ}_{O_2}=0{,}059\ \lg\frac{[OH^-]}{p_{O_2}^{1/4}}=0{,}401-0{,}059\ p_{H_2O}+0{,}059[H^+]+0{,}015p_{O^2}\ ,$$

$$\varepsilon_{O^2}=1{,}23-0{,}059pH+0{,}015\ \lg p_{O_2}.$$

Reiese că reprezentînd variaţia potenţialelor celor 2 electrozi (de hidrogen şi oxigen) în funcţie de *p*H se obţin 2 drepte paralele.

Din diagrama prezentată în figura IV.1 rezultă că apa prezintă un domeniu de stabilitate de 1,23 V, delimitat de cele 2 variaţii liniare. Deoarece această diagramă este construită după potenţialele de echilibru iar, în realitate intervin fenomenele de polarizare ale electrozilor, care determină apariţia supratensiunii, intervalul de stabilitate este ceva mai larg decît 1,23 V. Astfel de diagrame se construiesc pentru toţi electrozii metalici. În cazuri simple (în lipsa agenţilor complexanţi), procesele anodice au următoarea secvenţă:

I. $M \longrightarrow M^{(z+)}_{soluţie}+Z\bar{e}$;

II. $M+ZH_2O \longrightarrow [M(OH)_2]^{+}_{solid}+ZH^+ +Z\bar{e}$

$M+ZOH^- \longrightarrow [M(OH)_z]_{solid}+Z\bar{e}$;

III. $M+ZH_2O \longrightarrow [MO_z]^{z-}_{solid}+Z\bar{e}+2ZH^+$

$M+ZOH^- \longrightarrow [MO_z^{z-}]_{soluţie}+Z\bar{e}$.

Dacă în mod analog se calculează potenţialele respective în raport cu electrodul normal de hidrogen se obţine Pourbaix, reprezentată în fig. IV.2 pentru cazul zincului în apă la concentraţii ale ionilor de zinc de 10^{-2}—10^{-6} mol/l.

Din această diagramă reiese faptul că deoarece potenţialul Zn^0/Zn^{2+} nu depinde de *p*H, curba ce îi corespunde este paralelă cu abscisa. Procesul de trecere a Zn° în ioni de Zn^{2+} este însoţit de o degajare de hidrogen —H_2, deoarece paralela corespunzătoare variaţiei potenţialului de electrod este situată sub domeniul de stabilitate a apei.

În intervalul de *p*H 6—8, procesul de electrod este dependent de *p*H, concentraţia $Zn(OH)_2$ este mai mare decît valoarea produsului de solubilitate al compusului respectiv şi la suprafaţa metalului ia naştere o peliculă destul de poroasă, zincul devine

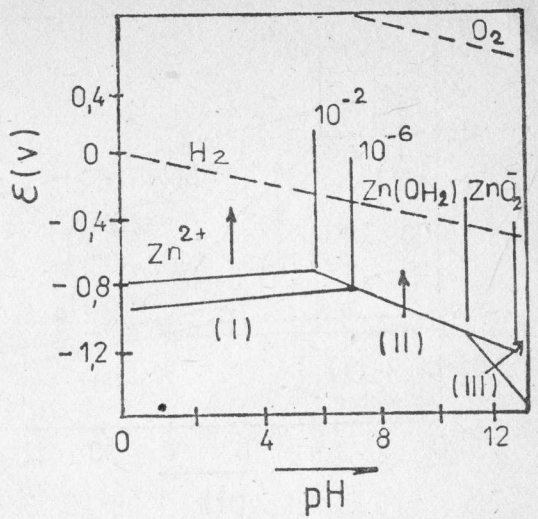


Fig. IV.2. Diagrama Pourbaix a zincului. Procesele sînt indicate prin săgeţi. Între liniile punctate este domeniul de stabilitate al apei.

pasiv. În domeniul puternic alcalin, corespunzător procesului III din secvenţa anterioară, se formează zincat solubil şi metalul este din nou atacat. Deci, zincul se corodează anodic în mediu acid şi alcalin.

Numărul fazelor prezentate în diagrama de tip Pourbaix creşte în cazul metalelor care generează ioni cu valenţă variabilă. În cazul fierului, pe lîngă procesele enumerate anterior intervin încă următoarele secvenţe:

IV. $[Fe^{3+}]_{soluţie} \longrightarrow [Fe^{3+}]_{soluţie}+\bar{e}$

$[Fe^{3+}]_{soluţie}+3H_2O \longrightarrow [Fe(OH)_2]_{solid}+3H^+$

$[Fe^{3+}]_{soluţie}+3OH^- \longrightarrow [Fe(OH)_3]_{solid}$;

V. $[Fe^{2+}]_{soluţie}+3H_2O \longrightarrow [Fe(OH)_3]_{solid}+3H^+ +\bar{e}$

$[Fe^{2+}]_{soluţie}+3OH^- \longrightarrow [Fe(OH)_3]_{solid}+\bar{e}$

Figura IV.3 redă diagrama de echilibru a fierului pentru concentraţii ale fierului între 10^{-2}—10^{-6} mol/l în care se pot distinge 4 regiuni; domeniul de rezistenţă la coroziune sau imunitate (la potenţial negativ şi mediu acid), domeniul de coroziune (la potenţial pozitiv şi mediu acid), domeniul de coroziune (la potenţial negativ şi mediu puternic alcalin) şi domeniul de pasivare [45]. Diagramele electrochimice de echilibru de tip Pourbaix se complică şi mai mult în prezenţa altor ioni decît ionii H+ şi

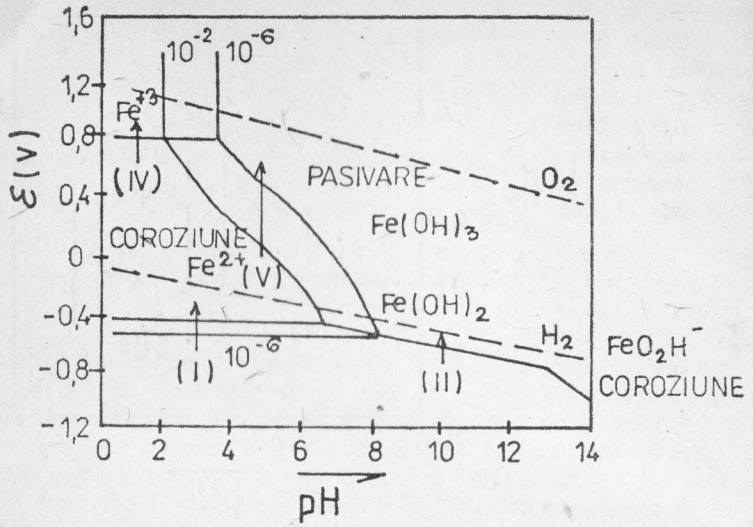


Fig. IV.3. Diagrama Pourbaix a fierului.

OH−, dar studiul lor devine necesar pentru stabilirea condițiilor optime pentru realizarea instalațiilor metalice supuse acțiunii corozive a mediului ambiant.

Deci, prin utilizarea diagramelor de tip Pourbaix se stabilesc: condițiile în care sînt imposibile orice reacții (domeniul imunității), condițiile în care metalul tinde să se corodeze prin dizolvare anodică (domeniul coroziunii), condițiile în care metalul tinde să se acopere cu un strat de oxid sau hidroxid (domeniul pasivării) [46].

Dacă diagramele de tip Pourbaix permit stabilirea condițiilor în care coroziunea sau pasivarea sînt posibile din punct de vedere termodinamic, sub aspect economic este importantă cunoașterea vitezei cu care se desfășoară procesele posibile în condițiile date, deci aspectul cinetic.

Din punct de vedere cinetic, hotărîtor este curentul de coroziune. Acesta se determină din curbele de polarizare ale pieselor supuse coroziunii (în curbele ε—i densitatea de curent este determinată pe baza pierderii în greutate g/cm²·s și este recalculată cu ajutorul legii lui Faraday în A/cm²). Curentul de coroziune este definit de intersecția curbelor de polarizare anodică și catodică.

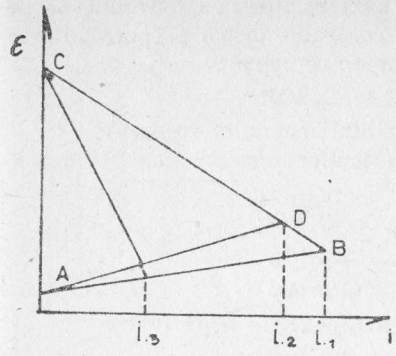


Fig. IV.5. Curbele ε—i pentru procesul de coroziune sub control anodic.

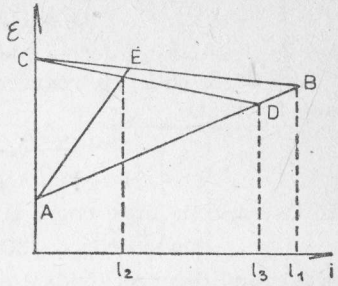


Fig. IV.4. Curbele ε—i pentru procesul de coroziune sub control anodic.

Dacă anodul este puțin polarizabil, panta curbei catodice este mare și curentul de coroziune va fi i_1. Dacă micșorăm suprafața anodică la jumătate, curentul total de coroziune devine i_2, dar densitatea anodică se mărește de 2 ori și coroziunea, de asemenea, se dublează ș.a.m.d. În acest caz, la o polarizare anodică slabă, avem de-a face cu o coroziune sub control catodic (fig. IV.4).

Cînd avem un catod puternic polarizat procesul de coroziune este controlat anodic (vezi fig. IV.5).

Se disting 3 tipuri de procese de coroziune umedă:

a) procese de coroziune cu degajare de H_2;

b) procese de coroziune cu reducere de O_2;

c) procese de coroziune cu reducere de ioni metalici.

a) Coroziunea cu degajare de H_2 cuprinde procese de reacție anodică [41]. Exemple de astfel de procese sînt numeroase:

$$2Na+2H_2O=2NaOH+H_2\uparrow$$
$$Cd+H_2SO_4=CdSO_4+H_2\uparrow$$
$$Zn+2NaOH=Na_2ZnO_2+H_2\uparrow$$
$$Zn+2NaOH+H_2O=Na_2[Zn(OH)_4]+H_2\uparrow$$

Astfel de procese se pot produce în medii neutre, acide sau alcaline și sînt caracteristice anozilor micropilelor de coroziune.

b) Coroziunea care are la bază reducerea oxigenului, se petrece la catozii micropilelor de coroziune (adică pe porțiunile catodice ale obiectelor metalice supuse coroziunii).

$$O_2+2H_2O+4e \longrightarrow 4OH^-$$

În final se va forma hidroxidul metalului respectiv.

c) Coroziunea cu reducerea ionilor metalici este de asemenea frecventă:

$$Sn+CuSO_4 \longrightarrow SnSO_4+Cu,$$

$$Fe+Fe_2(SO_4)_3 \longrightarrow 3FeSO_4,$$

În fine, reacția între cupru și acidul azotic

$$Cu+8HNO_3 \longrightarrow 3Cu(NO_3)_2+2NO+4H_2O$$

arată rolul de agent oxidant al acestui acid.

Este evident faptul că procesele respective nu se produc separat, ci simultan și conjugat, un proces de oxidare la anod, fiind cuplat cu un proces de reducere la catod.

Pentru a exemplifica crearea lanțului de microelemente galvanice, se ia, de exemplu, cazul unei bare de zinc introduse în soluție de $CuSO_4$. Cuprul se depune sub formă metalică pe bara de zinc în timp ce atomii de zinc trec în soluție ca ioni de zinc — Zn^{2+}. Atomii de cupru împreună cu golurile lăsate da atomii de zinc formează o serie de microelemente care funcționează pe principiul pilei Daniell (adică zincul se dizolvă și cuprul se depune).

Prezența ionilor de hidrogen în soluții trebuie luată în considerare în cazul fiecărui cuplu galvanic, deoarece supratensiunea hidrogenului pe diverse metale în calitate de catozi este diferită și poate fi modificată de prezența impurităților.

După degajare hidrogenul se acumulează la suprafața metalică polarizînd-o, ceea ce are ca urmare scăderea sau anularea vitezei de coroziune. Prezența substanțelor care consumă hidrogenul depolarizează electrodul, curentul de coroziune crește din nou. Dintre substanțele depolarizante pentru hidrogen cea mai frecvent întîlnită este oxigenul. Astfel se explică rolul de depolarizant al oxigenului în cazul coroziunii fierului, în contact cu cuprul în soluție oxigenată de NaCl [45].

Cercetările lui U. R. Evans (1915) [47] arată însemnătatea gradului de aerare al electrodului în procesul de coroziune. El realizează o serie de experimente pe princi-

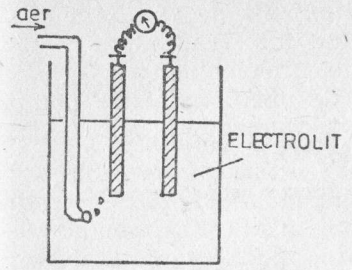


Fig. IV.6. Apariția curentului electric datorată aerării diferențiale.

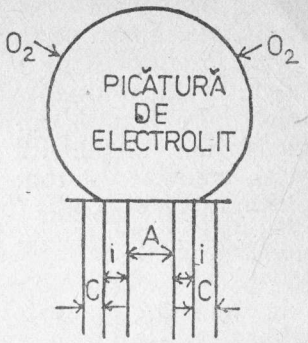


Fig. IV.7. Coroziunea produsă de picăturile de electrolit.

piul celor redate în figura IV.6. Cufundînd o pereche de electrozi identici (Zn, Pb, Cd, Al) într-un electrolit și aerînd numai unul din electrozi se constată apariția curentului electric și faptul că electrodul aerat devine catod. De asemenea, în zonele anodice se constată un *p*H bazic, iar în zonele catodice un *p*H acid. Procesul de coroziune corespunzător se numește *coroziune prin aerare diferențială*. Prin acest mecanism se explică coroziunea produsă de picăturile de electrolit care cad pe suprafețe metalice. Centrul picăturii este mai puțin aerat și reprezintă domeniul anodic, marginile picăturii sînt mai aerate și devin domenii catodice. Suprafața astfel corodată prezintă niște „ciupituri".

Coroziunea microbiologică

Faptul că, în 60% din cazuri, procesele de coroziune sînt amorsate de elemente biologice (bacterii, actinomicete, flagelate, protozoare) a atras atenția asupra coroziunii microbiologice.

Pentru înțelegerea mecanismului coroziunii microbiologice se pleacă de la ideea că dată fiind natura electrochimică a procesului de coroziune, explicată prin tendința atomilor metalelor de a trece în soluție ca ioni, eliberînd electronii, rolul primar al microorganismelor con-

stă în accelerarea ionizării și activarea electronilor [48]. Activarea se face pe trei căi.

a) *Producerea de metaboliți cu acțiune corozivă.* Metaboliții sînt substanțe cu acțiune agresivă asupra metalelor, care rezultă din activitatea metabolică a microorganismelor. Metaboliții produși de microorganisme pot fi acizi, amoniac, hidrogen sulfurat, mercaptani, sulfuri. De exemplu *Thiobacillus* formează H_2SO_4.

Modul de desfășurare a acestui proces este următorul:

$$H_2S \xrightarrow{0} H_2SO \xrightarrow{0} H_2SO_2 \xrightarrow{0} H_2SO_3 \xrightarrow{0} H_2SO_4$$

$$CO_2 + 2H_2S \longrightarrow {}^1/_6C_6H_{12}O_6 + H_2O + S_2.$$

Hidrogenul pus în libertate în fazele intermediare se poate combina cu CO_2, rezultînd substanțe constitutive ale protoplasmei. Aceste bacterii pot evolua bine în medii lipsite de substanțe organice.

În condiții anaerobe dezvoltarea unor bacterii ca *Desulfovibrio desulfuricans* este legată de prezența în mediu a substanțelor cu hidrogen mobil, în special zaharuri, acizi organici, alcooli. Bacteriile respective realizează reducerea sulfaților, proces care conține 2 etape: 1) activarea hidrogenului din substrat; 2) reducerea sulfaților cu ajutorul acestui hidrogen.

Cînd sursa de hidrogen sînt zaharurile procesele chimice sînt:

$$C_6H_{12}O_6 + 6H_2O \longrightarrow 6CO_2 + 12H_2$$

$$6H^+ + 3SO_4^{-2} + 12H_2 \longrightarrow 12H_2O + 3H_2S$$

$$C_6H_{12}O_6 + 6H^+ + 3SO_4^{-2} \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 3H_2S + x\ \text{cal.}$$

Folosirea largă a substanțelor organice ca donori de hidrogen (cele mai inactive hidrocarburi, grăsimi, ceride) explică acțiunea corozivă deosebită a acestor bacterii.

b) *Producerea unor aglomerate de celule și crearea unor gradienți de concentrație ai acceptorilor de electroni sau de oxigen.* Acest mecanism explică coroziunea prin „aerare diferențială".

Masa microbiană care aderă strîns la suprafața metalică, produce o sărăcire în oxigen a mediului și în consecință vor apare zone cu caracter catodic și anodic. Consumul biologic de oxigen și formarea substanțelor oxidabile sînt factorii de bază în acest proces.

Ferobacteriile dau cele mai dezvoltate depuneri de natură microbiologică. Din acest mecanism reiese faptul că coroziunea microbiologică și cea electrochimică bazată pe o aerare diferențială a materialului metalic sînt strîns corelate.

c) *Coroziunea prin depolarizare catodică.* Prin captarea hidrogenului sau electronilor de către bacterii se produce depolarizarea, asigurîndu-se continuitatea proceselor de coroziune. Unii cercetători arată că fenomenele de depolarizare catodică sînt condiționate de prezența dehidrogenazei care dezactivează hidrogenul și-l transmite către un acceptor, care se reduce (sulfat, azotat etc.)

Van Volzagen [48] indică următoarea succesiune de reacții pentru procesele de coroziune anaerobă:

1) $8H_2O \longrightarrow 8OH^- + 8H^+$
2) $4Fe \longrightarrow 4Fe^{2+} + 8e^-$ (la anod)
3) $8H^+ + 8e^- \longrightarrow 8H$ (la catod)
4) $SO_4^{2-} + 8H \xrightarrow{\text{bacterii}} S^{2-} + 4H_2O$ (depolarizare catodică)
5) $Fe^{2+} + S^{2-} \longrightarrow FeS$ (la anod)
6) $3Fe^{2+} + 6(OH)^- \longrightarrow 3Fe(OH)_2$ (la anod)

$$4Fe + SO_4^{2-} + 4H_2O \longrightarrow FeS + Fe(OH)_2 + 2OH^-$$

Etapa a 4-a are un caracter critic, arătînd captarea hidrogenului.

Desigur că proprietățile fizico-chimice ale microorganismelor ca: vîscozitatea protoplasmei, elasticitatea și permeabilitatea celulelor microbiene, potențialul lor electrocinetic, valoarea punctului izoelectric, ritmul de înmulțire și formele de involuție influențează activitatea biocorozivă.

În ultimii ani, o dată cu dezvoltarea impetuoasă a tehnicii, au apărut noi factori de coroziune: temperaturi înalte, radiații nucleare.

Dintre factorii fizici care pot influența viteza procesului de coroziune, mărime dependentă de temperatură, de compoziția soluției, de starea suprafeței metalice, de presiune, radiațiile sînt acelea care pot influența foarte mult acest proces datorită modificării concomitente a

proprietăților metalului, a produșilor de reacție sau a agentului coroziv. Ele provoacă creșterea activității chimice a metalului, datorită unei serii de modificări dimensionale „induse" ale rețelei cristaline. Produșii de coroziune supuși iradierii își îmbunătățesc conductibilitatea de tip electronic, ca urmare se intensifică procesul de difuziune și implicit crește viteza de coroziune.

Dacă procesul de coroziune are loc în soluție sau în mediu gazos, produsul de coroziune este modificat datorită prezenței unor radicali liberi, sau produși moleculari noi care iau parte la procesul electrochimic de coroziune.

Mărirea vitezei de coroziune nu depinde numai de energia și tipul de radiații ci și de natura, compoziția și temperatura la care se află metalul supus coroziunii.

a. *Influența luminii și a radiațiilor gama.* Sub acțiunea luminii crește viteza reacției de coroziune a metalelor. Astfel s-a constatat [15] că dacă asupra zincului, aluminiului sau oțelului, aflați în soluții apoase, acționează lumina [radiații V (violete) și UV], efectul produs se materializează în deplasarea potențialului electrodului polarizat ε_1. Radiațiile influențează diferit viteza reacției de coroziune în funcție de mediul de reacție și de natura metalului ce se corodează. Astfel, pentru zinc și fier în soluție de HCl 2 N se observă o creștere a vitezei de coroziune; pentru aluminiu se observă un efect invers.

b. Influența particulelor încărcate (electroni, protoni, particule α). Sub acțiunea acestor particule s-a constatat că procesul de coroziune se intensifică.

c. Neutronii ca și particulele purtătoare de sarcini electrice pot provoca deplasarea atomilor în rețeaua cristalină, ionizarea sau disocierea metalului și, în general [15], impurificarea metalelor datorită transmutațiilor nucleare care au loc în aceste condiții.

d. Influența radiațiilor reactorului nuclear. Reactoarele nucleare diversificate sînt din ce în ce mai răspîndite, pe măsură ce utilizarea energiei nucleare în scopuri pașnice se extinde. Datorită acestui fapt, se impune cunoașterea influențelor radiațiilor reactorului nuclear asupra proceselor de coroziune care pot apărea în acest caz. Viteza de coroziune a oțelurilor inoxidabile și a compușilor cu zirconiu, platină, titan, aluminiu se mărește o dată cu creșterea densității puterii de fisiune (watt/ml). Pentru

zirconiu s-a stabilit experimental că între viteza de coroziune R, densitatea puterii de fisiune P și factorul de absorbție al metalului α există relația:

$$\frac{1}{R} = \frac{2{,}23}{P\alpha} + \frac{1}{40}$$

Efectul radiațiilor nucleare asupra coroziunii platinei și aluminiului în soluții apoase pare a fi neglijabil. Există cîteva cazuri izolate în care iradierea mărește rezistența la coroziune. De exemplu, în cazul aliajului uraniu-molibden prin iradiere se stabilizează faza γ, care este mai rezistentă la coroziune.

Radiațiile au o acțiune nedorită asupra substanțelor inhibitoare de coroziune pe care le descompun cu rapiditate. Un efect similar s-a observat și asupra unor straturi organice protectoare (vopsele, lacuri), deoarece prin iradiere se formează acizii corespunzători care, la rîndul lor, accelerează procesul de coroziune.

Metode de protecție anticorozivă

S-au arătat anterior importantele pagube pe care le implică coroziunea.

Deteriorarea utilajelor înseamnă concomitent o poluare a mediului natural și a celui creat de om. Pentru a o preveni s-au dezvoltat variate metode de protecție anticorozivă. Aceste metode se pot grupa în două mari clase:

I) metode care vizează protejarea obiectului metalic;

II) metode care vizează schimbarea caracterului coroziv al mediului.

I. În prima categorie, cel mai utilizat procedeu este cel al acoperirii suprafeței obiectului de protejat cu un strat protector. Acest strat poate fi de natură organică sau de natură anorganică.

Acoperirile organice utilizate sînt pe bază de uleiuri, lacuri sau vopsele. Acoperirea obiectului se face imediat după confecționarea lui, sub forma unui strat sau a mai multor straturi (de grosime variabilă) aplicate consecutiv. Acoperirea trebuie să îndeplinească condiția de maximă aderență, să fie destul de elastică și să nu fie fragilă. Calitatea de bază a acoperirii constă în continuitatea sa. Din studiile privind tehnica aplicării acestor acoperiri s-a constatat că vopsind în mai multe straturi, cît mai sub-

țiri și cît mai diferite unul de altul, se obține cea mai bună protecție [50]. O deteriorare a acoperirii, în timpul funcționării instalației metalice respective, o expune coroziunii, motiv pentru care aceste acoperiri se reînnoiesc periodic, ceea ce implică anumite cheltuieli. De exemplu, recent directorul muzeului din turnul Eiffel a arătat că cheltuielile pentru întreținerea acestui edificiu sînt foarte costisitoare în raport cu veniturile obținute din vizitarea lui de către turiști.

În ultima vreme acoperirile cu rășini epoxidice se disting prin rezistența în medii cu caracter foarte agresiv. Bineînțeles că natura și mediul de acoperire variază în funcție de condițiile în care va fi folosit utilajul respectiv, de posibilitatea ulterioară de acces la el. De exemplu, specialiștii germani recomandă pentru protejarea conductelor de petrol sistemul „pielei de elefant", care constă din următoarele straturi aplicate consecutiv: vopsea, bandă PVC, neopren, țesătură nylon, hypalon negru și material plastic armat cu pînză metalică [41]. Dacă se evaluează această acoperire, se constată că este destul de costisitoare, însă pentru cei care lucrează în domeniul transportului de petrol, o „pipe line" este rentabilă dacă în cursul a 15 ani nu necesită recondiționări!

În ce privește acoperirile de natură anorganică, acestea sînt executate pe baza unor compuși anorganici cum ar fi acoperiri cu email, porțelan, acoperiri prin fosfatare sau metalice.

Lacurile pe bază de miniu (Pb_3O_4) și cromați (mai ales $ZnCrO_4 \cdot 4Zn(OH)_2$ sînt mult întrebuințate în protecția anticorozivă.

Peliculele de protecție din oxizi metalici (în cazul cînd întrunesc condiția arătată de impermeabilitate și aderență) sînt de asemenea utilizate frecvent. Aluminiul se protejează prin oxidul său, format pe cale electrolitică (eloxare). Fierul se „brunează" cu nitrați, sau se protejează prin procesul fosfatării, cînd are loc formarea unui strat protector (caracterizat de o remarcabilă duritate) de fosfat insolubil. Acoperirea cu email (masă sticloasă formată din topirea unor silicați) este utilizată ca o „căptușeală" ce conferă utilajului metalic rezistența în medii agresive. Acoperirea unui obiect metalic cu un strat subțire dintr-un metal „nobil" (care nu se corodează) este

utilizată de multă vreme în scop protector și decorativ.

După caracterul acțiunii protectoare, acoperirile metalice pot fi: a) acoperiri anodice; b) acoperiri catodice.

Un exemplu de acoperire anodică, întîlnit cel mai des, este acoperirea fierului cu zinc (fier zincat). Zincul în seria tensiunilor este așezat la stînga fierului, adică potențialul standard de reducere al zincului, în seria care are ca punct de zero potențialul electrodului normal de hidrogen, este —0,76 V, în timp ce al fierului este de —0,44 V. La deteriorarea stratului de zinc se prevede apariția unor cupluri galvanice în care drept catod servește fierul, iar ca anod zincul (de aceea acoperirea se cheamă anodică). În mediul coroziv zincul se va dizolva, iar fierul nu va fi atacat pînă nu se va dizolva tot zincul. Această acoperire are rolul dublu: de strat protector și de „pavăză electrochimică", de aceea se utilizează pentru protecția suprafețelor exterioare ale navelor.

Ca exemplu de acoperire catodică se poate da acoperirea fierului cu staniu (fier cositorit). Staniul are potențialul standard de reducere de —0,14 V. Deci, la o deteriorare a acestei acoperiri se prevede apariția cuplurilor galvanice în care ca anod va funcționa fierul (obiectul de protejat), iar în calitate de catod staniul. Concluzia logică: controlul etanșeității acoperirilor catodice trebuie să fie foarte riguros, pentru că deteriorarea acoperirii declanșează un proces care distruge obiectul protejat, lăsînd „mantaua" obiectului în starea inițială. Pe de altă parte acest gen de protecție este recomandabil numai pentru protejarea obiectelor metalice utilizate în regim static, care nu sînt supuse unor solicitări mecanice, fapt care ar grăbi apariția fisurilor. Acoperirile metalice se fac prin diverse tehnici: galvanizare, scufundare în topitura metalului protector, placare.

În aceeași categorie a metodelor care vizează protejarea instalațiilor metalice se încadrează și protecția catodică. În acest caz, utilajul metalic de protejat se pune în contact cu un metal mai activ, care devine anod, iar porțiunile „anodice" ale suprafeței metalului de protejat se transformă total sau parțial în domenii catodice în raport cu protectorul. Costul protecției catodice este legat de consumarea metalului activ (în cazul protejării obiectelor din aliaje feroase se utilizează zinc sau magneziu), care

reprezintă, așa cum îl denumea Davy, încă din 1880, un electrod de „sacrificiu").

Protecția catodică este eficientă dacă potențialul obiectului protejat se află în domeniul imunității din diagrama corespunzătoare de tip Pourbaix, la *p*H-ul solului sau soluției în care este fixat obiectul respectiv. Pentru o protecție totală trebuie să se realizeze o valoare anumită a densității curentului electric catodic (în funcție de natura metalului de protejat și a mediului coroziv). O densitate de curent mai mică nu asigură potențialul de protecție, iar o densitate de curent mai mare duce la un consum mărit din metalul de sacrificiu. Protecția catodică în condițiile arătate este eficientă în toate cazurile în care există un mediu electrolitic și unde se poate închide un circuit de curent continuu. Limitările ei sînt datorate efectelor secundare: pătrunderea hidrogenului în metal, variația *p*H-ului în vecinătatea obiectului protejat, dificultatea asigurării potențialului de protecție în toate punctele instalației de protejat, ceea ce poate determina apariția unor coroziuni „locale" din cauza diferențelor de potențial.

Protecția catodică se poate realiza și prin conectarea materialului cu polul negativ al unei surse exterioare de curent continuu. Anodul în acest caz va fi confecționat din grafit, introdus în sol sau în soluție. Amplasarea electrozilor trebuie făcută cu mult discernămînt pentru a evita apariția „curenților vagabonzi" cu efect distructiv (coroziv) asupra unor obiective metalice vecine cu instalația protejată.

II. Toate metodele de protecție corozivă care vizează transformarea mediului ambiant se reduc la introducerea în mediul coroziv a unor substanțe care prelungesc perioada de inducție a procesului de coroziune (imunizatori), sau frînează mult viteza acestui proces (inhibitori).

Pentru a aprecia caracterul agresiv al mediului, de exemplu al solului, trebuie cunoscute următoarele proprietăți ale acestuia: capacitatea de oxido-reducere *in situ*, concentrația în ioni SO_4^{--}, determinată în laborator, rezistivitatea solului *in situ*, *p*H-ul soluției in situ și în laborator, umiditatea solului, analiza completă a solului (în special conținutul de calciu [48].

După cunoașterea caracterului agresiv al solului se caută care este inhibitorul adecvat pentru a împiedica

corodarea unui anumit utilaj. Se poate pune și problema proiectării și realizării unei instalații metalice, dintr-un anumit tip de utilaj, care ar rezista cel mai bine mediului respectiv.

Inhibitorii de coroziune pot fi și ei împărțiți după modul de acțiune în: inhibitori anodici și catodici.

Primii sînt substanțe cu caracter alcalin care au proprietatea de a forma cu produșii de coroziune pelicule insolubile (carbonați, fosfați), sau oxidează la suprafață porțiunile anodice ale materialului de protejat (cromați, azotați). Se realizează astfel o „plombare" a fisurilor straturilor protectoare în porțiunile anodice. Utilizarea lor prezintă inconvenientul că în cazul unei astupări imperfecte a golurilor, are loc creșterea densității locale a curentului de coroziune și apare pericolul unei intense coroziuni locale.

Inhibitorii catodici acoperă porțiunile catodice ale suprafeței metalului sau aliajului micșorînd curentul total de coroziune și deci viteza de coroziune. Astfel de inhibitori sînt sulfatul de zinc (din care se formează $Zn(OH)_2$ în depunere foarte compactă) și o serie de substanțe organice. Din foarte multe studii reiese importanța unui dozaj optim (mai ales în cazul inhibitorilor anodici) pentru a nu transforma acțiunea inhibitoare la coroziune a unei substanțe într-una stimulatoare, cît și importanța regimului de temperatură la care vor fi folosiți inhibitorii (în special în cazul inhibitorilor de natură organică).

Metodele de combatere a coroziunii microbiologice [48] se împart la rîndul lor în două grupe:

a. *Metode prin care se acționează asupra microorganismelor urmărind o eficiență microbicidă maximă fără influențarea substratului.* În această grupă se includ procedeele de dezinfectare a substratului (cu clor, hipocloriți, săruri anorganice de mercur, baze cuaternare de amoniu), folosirea fungicidelor (sub formă de emulsii stabile), folosirea ultrasunetelor (cele cu frecvențe de 30 kHz, puterea de 45—50 W, intensitatea de propagare de 2—3 W/cm² și un timp de sonare (timp de acțiune a ultrasunetelor) de 2—20 min, sînt foarte eficiente față de organismele pluricelulare), a radiațiilor ionizante și UV (radiația Hg de 2 537 Å are eficiența maximă și este utilizată în special pentru sterilizarea apei, a suprafețelor de diverse

tipuri, a aerului). Radiațiile ionizante [15, 49] se pare că acționează printr-un mecanism de radioliză a lichidului celular cu producerea de radicali activi care modifică constituenții celulari ai microorganismelor responsabile de apariția biocoroziunii. Din lucrările unor specialiști români [48] reiese faptul că radiația ^{60}Co, de 20 Ci, cu debitul dozei de 1 460 rem/min are eficiență microbicidă de 99,5%. Tot în acest grup de tehnici de combatere a coroziunii microbiologice intră și utilizarea algicidelor (soluții apoase de sulfat de cupru, permanganat de potasiu 5%).

b. Metodele care acționează asupra factorilor de mediu vizează:

1. modificarea *p*H-ului solurilor; alcalinizarea solului inhibă activitatea mucegaiurilor;
2. aerarea solului care combate coroziunea provocată de bacteriilor anaerobe;
3. reducerea umidității solurilor în care sînt imersate instalațiile metalice și sărăcirea lor în substanțe nutritive pentru microorganisme.

Între criteriile utilizate de proiectanții de utilaje pentru alegerea adecvată a acestora trebuie să fie incluse și analizele microbiologice. Se fac o serie de experimentări comparative pentru alegerea materialelor rezistente la acțiunea corozivă a microorganismelor.

Este firească concluzia că, în stadiul actual de dezvoltare al științei și tehnicii, metodele de protecție anticorozivă se diversifică incontinuu, răspunzînd din ce în ce mai bine stringentei necesități de a limita aria acestui fenomen distructiv și totodată poluant.

Lupta împotriva coroziunii cuprinde deci modalități de a prelungi „timpul de lucru" al diverselor utilaje și concomitent măsuri împotriva poluării mediului ambiant pentru că un mediu este cu atît mai coroziv cu cît este mai poluat.

Este valabil și raționamentul invers ultimului: datorită răspîndirii produșilor de coroziune în mediu, gradul de poluare al acestuia crește.

V. POLUAREA ALTOR FACTORI DE MEDIU

Pe parcursul lucrării am acordat atenție modului în care se deteriorează, prin poluare, principalii factori fizici de mediu: aerul, apa, solul, creionînd doar repercusiunile pe care acumularea poluanților le are asupra stării de sănătate fizică a omului și viețuitoarelor. Dar, în factorii de mediu sînt incluși și cei sociali, astfel încît este interesant să relevăm și alte fenomene de poluare, produse ca urmare a activităților umane.

Aceasta, cu atît mai mult cu cît poluarea acestora se reflectă asupra activității nervoase, psihice a omului creator de mediu. Recunoscînd strînsa dependență între om și mediu profesorul V. Ianovici scria: „Omul este creația și creatorul mediului înconjurător."

Ca un rezultat al activităților umane se pot menționa următoarele fenomene: Creșterea nivelului de zgomot în mediul înconjurător, a tendinței de a folosi iluminatul artificial în multe locuri de muncă, a perturbărilor de potențial electric și magnetic, inversarea raportului numărului ionilor negativi la numărul ionilor pozitivi în aer, modificări de aspect ale ambianței inductoare de stări depresive etc. Dintre toate aceste fenomene indicatoare de poluare, mai mult studiată ca manifestare și posibilități de combatere este poluarea sonoră.

V.1. Poluarea sonoră

Se acceptă azi definiția zgomotului ca fiind „fenomenul sonor care produce o senzație dezagreabilă".

În acustică[2] sunetele pot fi caracterizate prin *intensitate* (energia undei sonore care străbate unitatea de suprafață perpendiculară pe direcția de propagare în unitatea de timp — intensitatea poate fi exprimată în decibeli (dB)) și frecvență (exprimată în hertzi — Hz). Urechea, analizorul auditiv uman, poate percepe sunetele cu frecvențe între 20—$20 \cdot 10^3$ Hz.

Pentru problemele de fiziologie interesează intensitatea senzației auditive produse de un sunet de o anumită intensitate și frecvență — numită *tăria* sunetului — exprimată în foni (ph). (Fonul este echivalent cu decibelul la frecvența de 1000 Hz.)

Ca să putem compara tăria diverselor sunete sînt de reținut următoarele: o conversație în șoaptă corespunde la 10 ph, una normală la 30 ph, strigătul la 80 ph, tunetul la 120 ph, iar limita de durere apare la 130 ph. Dacă liniștea perfectă creează o stare de neliniște, la zgomote peste nivelul de 90 ph intervin tulburări în funcționarea urechii interne, leziuni ale nervului auditiv.

Din puținele cifre date reiese, de exemplu, că într-o conversație un argument strigat nu e mai convingător, decît atunci cînd este expus pe tonul normal, ci doar mai stresant.

Zgomotele cu caracter permanent, de tărie ridicată slăbesc acuitatea auditivă, cresc tensiunea arterială intracraniană, micșorează capacitatea de adaptare, conducînd în final la surzenie. La nivele mai scăzute, de ordinul a 50—60 ph, zgomotele permanente micșorează capacitatea

[2] Acustica este o parte a fizicii care se ocupă de proprietățile, producerea, propagarea și recepția sunetelor. Corpurile care produc sunete sînt în stare de vibrație. Viteza de propagare a sunetului este nulă în vid, de ordinul sutelor de metri/s în gaze, de ordinul miilor de metri/secundă în lichide și al cîtorva kilometri/secundă în solide.

Astăzi, acustica s-a diversificat foarte mult dacă ne gîndim la aplicațiile ei în muzică, în transmiterea și înregistrarea sunetelor (electroacustică) în arhitectură și construcții (acustică arhitecturală). Aplicațiile în construcții au mare importanță în problematica acestei lucrări în legătură cu înmulțirea surselor de zgomot.

de concentrare în munca intelectuală, viteza de decizie, impietează asupra odihnei[3].

Este evident că poluarea sonoră de nivel ridicat la locul de muncă poate duce la o infirmitate gravă și de aceea nivelul de zgomot admis este prevăzut prin normele legiferate de protecția muncii.

V.2. Metodele de combatere a poluării sonore

Pentru reducerea zgomotului în industrie se caută diverse soluții tehnice. Printre acestea se pot enumera: utilizarea unor fundații și structuri amortizatoare de vibrații în construcția spațiilor aferente, înlocuirea operațiilor zgomotoase (ciocănirea, perforarea pneumatică) cu altele silențioase (presarea, sudura) plantarea unor perdele de arbori în jurul surselor de zgomot. Izolarea fonică în construcția de blocuri pentru locuințe trebuie mult îmbunătățită.

Blocurile din beton (soluție adoptată ca optimă din punct de vedere al rezistenței pentru construcția de locuințe în orașele de azi) se deosebesc de casele individuale de cărămidă prin faptul că izolarea fonică minim necesară nu poate fi asigurată prin masa proprie a pereților și planșeelor, iar instalațiile sanitare și tîmplăria devin surse de zgomot suplimentar. Acestea se transmit, chiar

[3] Senzația auditivă este un fapt fizic elementar, rezultatul acțiunii unui excitant (vibrația sonoră transmisă prin aer) asupra senzorului auditiv (urechea) care prin intermediul nervului auditiv transmite excitația la centrul nervos. Obiectiv, senzația auditivă este un reflex. Subiectiv, ea dă naștere la un fapt de conștiință mai mult sau mai puțin net. Senzația auditivă satisface legea psihofizică a lui G. V. Fechner și E. H. Weber: „Senzația variază cu logaritmul excitației" (Psihofizica este un stadiu obiectiv al senzațiilor în raport cu excitanții fizici). Spre deosebire de cîmpul de vizibilitate care la om are aproximativ 21°, urechea percepe sunetele din toate direcțiile. Aceasta asigură perceperea simultană a diferite sunete și distingerea provenienței lor (femeia aflată în casă poate distinge plînsetul copilului, soneria telefonului, ca și zgomotul de fond caracteristic funcționării mașinii de spălat).

amplificate, în urma unor interferențe complicate în diversele elemente structurale ale clădirilor.

În cartierele din preajma aeroporturilor zgomotele avioanelor se transmit ansamblului construcțiilor din oțel și beton armat. Soluțiile tehnice adoptate pentru asigurarea izolației fonice cresc desigur prețul construcției, dar sînt necesare pentru asigurarea unui grad sporit de confort și civilizație, pentru a permite odihna necesară refacerii forței de muncă.

Pe plan edilitar, pentru reducerea nivelului de zgomot al „străzii", se introduc tramvaie silențioase, se limitează circulația în anumite zone și la anumite ore, se interzice claxonatul mașinilor etc.

Pentru a micșora nivelul de zgomot în zonele locuibile din apropierea gărilor, aeroporturilor, ajunse prin dezvoltarea explozivă a așezărilor urbane în „centrul" acestora, ca mari surse de poluare sonoră, se construiesc anumite structuri fonoabsorbante[4], se plantează perdele de arbori. Pe de altă parte proiectarea noilor utilități de acest tip pentru marile orașe are, în general, în vedere, amplasarea lor la distanță (pentru aeroporturi între 20—50 km în afara orașului) cu preluarea majoritară a traficului și descongestionarea celor vechi, din interiorul zonelor locuite.

[4] Zgomotele aeriene traversînd aceste structuri sînt atenuate cu atît mai mult cu cît ponderea peretelui este mai mare pe unitatea de suprafață, adică cu cît este mai dens [12].

VI. PROBLEME ECONOMICE — ȘI NU NUMAI ECONOMICE — ALE LUPTEI CONTRA POLUĂRII MEDIULUI

Problemele apărării calității mediului ambiant și de stăvilire a poluării sînt în strînsă legătură cu problemele spinoase ale resurselor planetei și ale bunurilor create de societate prin exploatarea resurselor. Barry Commoner[1] sesizează aceste aspecte astfel: „Preocupările ecologului tind de la științele fizice trecînd prin biologie pînă la inginerie, tehnologie și demografie, ating domeniile chiar și mai controversate ale economiei și economiei politice. Și, dacă ecologul ezită să pătrundă pe tărîmul complex al economistului și politologului atunci aceștia se vor vedea nevoiți să intre pe tărîmul la fel de dificil al științelor ambientale... Cu toate acestea mi se pare că, datorită caracterului urgent al situației, atît economistul cît și ecologul sînt obligați să-și asume riscul de a depăși granițele propriilor lor discipline... fiecare dintre ei să folosească cunoștințele celuilalt căutînd legături între criza ambientală și procesele sociale [1]. Reputatul economist R. Heilbroner caracterizează economia capitalistă printr-o „omniprezentă rețea de piețe unde se cumpără și se vînd factorii de producție, bunurile și serviciile". Valorile se determină prin interacțiunea cererii și ofertei în sectorul particular al economiei, care este sectorul de bază. Sectorul public adaugă cheltuielile făcute de organismele guvernamentale. Organismele guvernamentale reglementează activitățile sectorului particular în ceea ce privește

[1] Barry Commoner este doctor în biologie, director al Centrului pentru biologia sistemelor naturale din New York, autor a peste 120 lucrări științifice. În cartea *Cercul care se închide* [1] întreprinde o serioasă analiză a cauzelor crizei ambientale, concluzînd că folosirea tehnologiilor care urmăresc numai sporirea profiturilor pe termen scurt mărește opoziția dintre activitatea umană și echilibrul ecologic.

problemele majore ale apărării sănătății, a mediului ambiant, politicii fiscale naționale etc. Deteriorarea factorilor ambientali produsă prin poluare, este tratată în manualele de economie ca o externalitate (dezeconomie externă) — o abatere de la procesul de schimb, caracteristic economiei de schimb.

Externalitatea nu este nici reciproc avantajoasă, nici nu se realizează voluntar ca schimbul.

În cazul deja prezentat al poluării cu mercur (v. § III.4), provenit din uzinele de clorosodice, (de exemplu, în procesul de electroliză al clorurii de sodiu cu catod de mercur pentru obținerea clorului) mercurul este utilizat voluntar și avantajos de către producător și suportat involuntar de comunitatea pescarilor japonezi.

Economiștii au observat că pe măsură ce problemele de mediu se acumulează ele creează externalități negative foarte mari.

W. Kapp[2] face următoarele observații privind relațiile între externalitățile de mediu și sistemul economic bazat pe inițiativa privată: „Externalitățile de mediu afectează considerabil costul tradițional al activității economice cu pînă la 15% în anumite ramuri industriale". Incluzînd costul externalităților ambientale în costul total al activității economice s-ar ajunge la situația ca în unele cazuri „producția să se desfășoare cu costuri totale superioare profiturilor totale" [1]. Or, în economia de după război mărirea rentabilității s-a asigurat prin introducerea unor tehnologii noi cu o rată de poluare mărită. În industria chimică, de exemplu, fabricația de detergenți a înlocuit practic, între 1947—1967 fabricația de săpun deoarece profitul realizat din vînzări este de peste 52% la detergenți, față de 30% la săpun.

Dar, fabricația de detergenți (mai ales a celor ionici cum s-a arătat în § III.4) este mult mai poluantă decît cea a săpunului și în acest fel „se contractează o datorie și mai mare față de natură".

O serie de economiști din lumea capitalistă analizînd tendințele de dezvoltare ale economiei de schimb își pun

[2] Cunoscut economist american. Ideile sale privind externalitățile de mediu sînt exprimate în cartea *Costurile sociale ale inițiativei private*, editată în 1950 și revizuită în 1963.

întrebarea dacă aceste tendințe nu sînt incompatibile cu integritatea mediului, avînd în vedere că „factorul profit determină aproape întotdeauna deciziile individuale zilnice în sensul măririi productivității" [1] și implicit a producției. Or, mai multă producție pe cap de locuitor înseamnă mai multă poluare, de unde singura cale de reducere a poluării în condițiile acestui sistem economic, a cărui tendință este definită prin directa proporționalitate: profit maxim-productivitate maximă, apare în reducerea populației!

Acest șir de raționamente dovedește că luarea în considerare a costului poluării mediului ambiant implică probleme sociale fundamentale. Este de asemenea evident faptul că modul tradițional de calcul al costului producției și beneficiului este eronat și că teoria economică este incompletă.

În țările cu economie socialistă se poate observa, de asemeni o degradare vădită a factorilor de mediu în perioada postbelică ca o consecință a accentului pus pe productivitate, pe îndeplinirea planurilor economice și a unui caracter analog (mai poluant) al tehnologiilor introduse în această perioadă. Dar în țările socialiste sînt premize pentru realizarea unui control ecologic riguros asupra activităților poluante, deoarece planificarea la scară națională a dezvoltării industriale și agricole constituie caracteristica specifică a societății socialiste. Cadrul juridic al luptei împotriva poluării este în aceste țări mereu îmbunătățit (v. cap. I.3) și factorul uman este educat[3] în sensul necesității respectării imperativelor ecologice.

Abordarea interdisciplinară a problemelor economico-sociale de tip global relevate de criza mediului a devenit necesară. În ultimul timp, se încearcă o altă adaptare a teoriei economice pentru analiza vieții economice și sociale și dependenței ei complexe de mediul natural.

N. Georgescu-Roegen[4] a relevat posibilitatea de a ju-

[3] Noțiuni asupra poluării și metodelor de combatere sînt cuprinse în manualele de chimie de cl. a IX-a.

[4] N. Georgescu Roegen, eminent statistician și economist american de origine română, realizează în lucrarea *Legea entropiei și procesul economic* (trad. din limba engleză, Edit. Politică, București, 1979) o cercetare deschizătoare de noi direcții în știință.

deca procesele economice prin prisma variației unei funcții numită *entropie*[5], utilizată pentru indicarea sensului și caracterului proceselor termodinamice.

Asocierea este potrivită, deoarece creșterea economică accelerată provoacă consumuri din ce în ce mai mari și deversează în mediu tot mai multe deșeuri și căldură. Teoria economică trebuie legată de lumea fizică în care resursele sînt limitate! De aceea procedeele și structurile economice trebuie schimbate, dezvoltarea fiind înțeleasă în viitor ca o creștere economică cu consumuri energetice minime, care urmărește o maximă concordanță cu legile naturii.[6]

Probleme strîns legate de alegerea alternativelor de dezvoltare sînt deci, problemele energiei și bazei de materii prime.

---

[5] Entropia este o funcție a cărei variație ΔS pentru procesele reversibile din sisteme izolate satisface relația:

$$\Delta S = \int_1^2 \frac{dQ}{T}$$

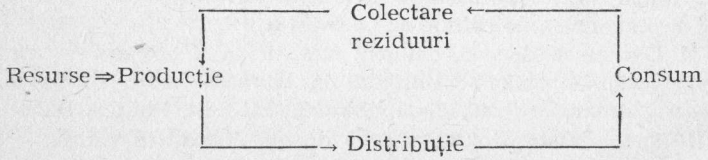
unde dQ — cantitatea de căldură absorbită de sistem în proces, T — temperatura absolută, iar prin indicii 1, 2 se definesc două stări posibile.

[6] Keneth E. Boulding [54] numește economia americană de la mijlocul decadei 7 a secolului nostru „economie de cowboy". Termenul are în vedere faptul că se exploatează violent resursele, așa cum un cowboy gonește nepăsător pe cîmpiile nesfîrșite. În opoziție cu această economie a cărei schemă este:

Resurse naturale ⇒ Producție ⟶ Distribuție ⟶ Consum ⇒ Reziduuri

asemeni unei străzi cu sens unic, trebuie să se dezvolte economia bazată pe o concepție a omului, care gîndește la viitorul spațiului pe care-l stăpînește (space man economy).

În această concepție este necesară reciclarea reziduurilor, recuperarea materialelor refolosibile, recondiționarea utilajelor, corespunzător schemei:



Se consideră că cererea mondială de energie pentru consum industrial se dublează la fiecare 10 ani [52]. În ipoteza ritmurilor de extracție ale combustibililor neregenerabili din deceniul 8 al secolului nostru, menținute în continuare, s-a anticipat cea mai mare producție de petrol între 1985—2000, și epuizarea rezervelor de petrol pînă în 2100, a celor de gaz natural mult mai devreme, prevederile fiind mai puțin sumbre pentru cărbune. Se pare că rezerva de cărbune va mai ajunge pentru aproximativ 150 de ani. Desigur pînă atunci se vor dezvolta mijloace mai economice de utilizare a surselor neconvenționale de energie [34], dar este necesar un consum rațional al resurselor existente de petrol, gaz și cărbune.

Pentru a ilustra această afirmație să reținem că dacă energia necesară pentru obținerea unei tone de produs se exprimă în tone de petrol echivalente, atunci industria de sinteză organică clasică furnizează datele din tabelul VI.1 [53]. Reiese că, în limitele posibilităților, trebuie dez-

Tabelul VI.1

Fibre acrilice	6,9
Nylon 66	5,2
Acetilenă	4,3
Benzen, toluen, xilen	1,7
Clorură de vinil	1,6
Fibre poliesterice	3,9
Polietilenă	2,2
Alchene C_2—C_4	1,8
Amoniac	1,1
Metanol	1,0

voltate procesele cu consumuri de energie și materiale mai reduse, în particular procesele de fermentație și polimerii anorganici. În ultimii ani, în țările industrializate începe să se dezvolte industria de sinteză organică pe baza resurselor regenerabile. Polimerul japonez Polullen se obține pe baza triglucopolizaharozei, produsă prin fermentația unui microorganism *Pollularia pollulans* pe amidon [52].

În Marea Britanie și Belgia este organizată producția de substanțe tensioactive pe baza polizaharurilor sau a acidului citric. Deși costul produselor „din chimia zaharurilor" depășește costul acelorași produse obținute pe cale petrochimică, avantajul primelor este accesibilitatea și refacerea anuală a materiei prime necesare, care reprezintă un deșeu în industria alimentară și textilă [12]. Din punct de vedere ecologic polimerii și detergenții obținuți din ape reziduale sînt mult mai „curați" decît cei utilizați astăzi pentru următorul motiv. Ei se degradează biologic mult mai ușor și nu formează produși toxici.

Detergenții pe bază de acid citric nu necesită în procesul de fabricație adaosuri de fosfați bazici, ori este binecunoscut (și examinat în paragraful III.4) rolul nefast al fosfaților în procesul de eutrofizare al lacurilor, în special.[7]

Se poate adăuga aici (în legătură cu cele arătate în capitolul IV.3) că, la ritmurile actuale de întrebuințare ale metalelor neferoase, între anii 2000—2020 [53] se prevede epuizarea rezervelor extractibile de mercur, cositor (staniu), zinc, cupru, plumb și argint, iar către anii 2100 a rezervelor de cobalt, nichel, mangan, wolfram și molibden. Pentru fier și crom prevederile sînt mult mai optimiste [53].

Crearea metalurgiei neferoase „fără reziduuri" reprezintă în acest sens un numai o problemă ecologică, dar și una economică! Economia de metale neferoase în industrie și în domeniul utilizărilor casnice, înlocuirea metalelor deficitare cu metale și materiale accesibile, peste tot pe unde este posibil, este o problemă științifică și tehnică de mare actualitate [52].

[7] Complexitatea problemelor ecologice și preocupările cu interferențe în economie, existente la noi sînt înveterate și prin faptul că la a III-a Conferință Națională de Ecologie care s-a desfășurat la Arad între 5—7 iunie 1986, tema secției a VI-a a fost: Economia și organizarea activității de protecție a mediului [55]. De remarcat temele a două din referatele generale, prezentate în plenul conferinței: *Ecologie și dezvoltare* — M. Florescu — și *Creșterea însemnătății protecției mediului natural în condițiile creșterii economice de tip intensiv* — N. N. Constantinescu.

Să analizăm un alt exemplu de oportunitate economică și ecologică a unei investiții în sectorul energetic. Datorită precauțiilor speciale ce trebuie luate în considerare la construirea uzinelor nucleare, în alegerea materialelor de construcție și protecție față de contaminarea radioactivă, punerea în funcțiune a unui asemenea obiectiv necesită o investiție mult mai mare decît a unei termocentrale cu cărbune de putere egală. Acest supliment este compensat în timpul funcționării uzinei nucleare de prețul de cost mai scăzut al combustibilului nuclear și, în final al kilowatului la consumator (cu 20—50%) [38] și de o poluare mai redusă.

Cele arătate îndreptățesc judecata exprimată în [12]: „Deși poluarea este cea mai ascuțită și mai presantă problemă de rezolvat a mediului, ea este numai o fațetă a problemelor create de om mediului!".

Ecologi de prestigiu deosebit ca G. P. Marsh atrag atenția asupra faptului că „Acțiunea omului asupra lumii materiale se deosebește de cea a animalelor prin faptul că nu este limitată de compensații sau de echilibre" [4].

VII. STRATEGIA COMPLEXĂ A LUPTEI PENTRU CALITATEA MEDIULUI

În lupta contra poluării trebuie adoptată o strategie complexă care vizează principiile pe care trebuie să se bazeze dezvoltarea tehnologică viitoare, ale instrucției cadrelor tehnice și educației cetățenești. Aceste principii vor fi lămurite în cele ce urmează.

VII.1. Să nu deplasăm echilibrele în procesele din mediul înconjurător!

Cauza crizei mediului, care s-a declanșat în acest secol, constă în dezechilibrele provocate proceselor din natură, de amploarea activităților umane.

Rezultă că trebuie să învățăm să trăim în echilibru cu natura, să colaborăm cu natura. Trebuie să înțelegem punctele „cheie" din ciclurile naturale de transformare ale substanțelor în procesele din mediul înconjurător.

Ciclurile de bază sînt: ciclul apei, al carbonului, al oxigenului, azotului, al sulfului și fosforului.

Ciclul apei în biosferă implică cea mai abundentă substanță dintre toți compușii. Dar grosimea biosferei este neînsemnată în comparație cu mărimea diametrului Pămîntului și înălțimea atmosferei înconjurătoare. Caracteristicile acestui ciclu au fost analizate mai ales în capitolul III intitulat *Apa — mama vieții,* tocmai pentru a accentua importanța apei pentru planeta Pămînt. Elementul crucial în ciclul apei este cantitatea de apă conținută de biomasa în dezvoltare. Dacă viața de pe Pămînt depinde de fotosinteza clorofiliană din plante (v. paragraful IV.2) pentru a înlătura spectrul foamei în anumite regiuni deșertice ale globului trebuie suplimentate în primul rînd instalațiile care asigură apa de irigare.

Ciclul carbonului se caracterizează prin faptul că acest element este cuprins în cîteva echilibre dinamice: carbonul este constituent al ființelor vii, apare sub formă de carbonați, bicarbonați în apa rîurilor, lacurilor și oceanelor, sub forma dioxidului de carbon în atmosferă, este conținut în zăcămintele de cărbune, țiței și gaze naturale. Proporția de carbon aflat în combustibilii fosili era de 50 ori mai mare decît cea înglobată în masa organismelor (biomasă). Prin procesele de combustie agreate de urmașii lui Prometeu, crește cantitatea de CO_2 în atmosferă. Deci, prin activitatea umană se deplasează echilibrul în favoarea dioxidului de carbon cu consecințele examinate în paragraful II.4. Două procese biologice opuse au o mare importanță asupra cantității de carbon din biosferă: procesul de fotosinteză și respirație (așa cum s-a arătat în paragraful IV.2).

În plantele verzi fotosinteza este predominantă ziua și respirația noaptea. Aceasta conduce la variații diurne și sezoniere în concentrația dioxidului de carbon în aerul din zonele cu vegetație abundentă.

Microorganismele marine, care alcătuiesc fitoplanctonul, realizează fotosinteza în straturile superioare ale mărilor, utilizînd CO_2 dizolvat în apă și cedînd, la rîndul lor, oxigenul apei, servind ca hrană pentru animale marine mici. Majoritatea acestor microorganisme, din biomasa oceanică, au o viață scurtă și se degradează în compuși organici solubili în apa mării. Din corpul viețuitoarelor marine pe fundul mării se acumulează depozite de $CaCO_3$ și material organic care pot reprezenta originea zăcămintelor de combustibili fosili.

Echilibrele chimice între CO_2 și carbonați sînt:

$$CO_{2(g)} + H_2O \rightleftarrows H_2CO_3$$

$$H_2CO_3 \rightleftarrows H^+ + HCO_3^-$$

$$HCO_3^- \rightleftarrows H^+ + CO_3^{2-}$$

$$CaCO_{3(s)} + H_2CO_{3(aq)} \rightleftarrows Ca^{2+}_{aq} + 2HCO^-_{3\,aq}$$

Luînd în considerare faptul că fotosinteza în apa de mare depinde de prezența CO_2 dizolvat, rezultă că o foarte ușoară bazicitate a apei de mare va favoriza creșterea fitoplanctonului. Din aplicarea principiului Le Chatelier la ecuațiile echilibrelor chimice dintre CO_2 și carbonați, date anterior, rezultă că o soluție bazică va dizolva mai mult CO_2 decît o soluție acidă și va favo-

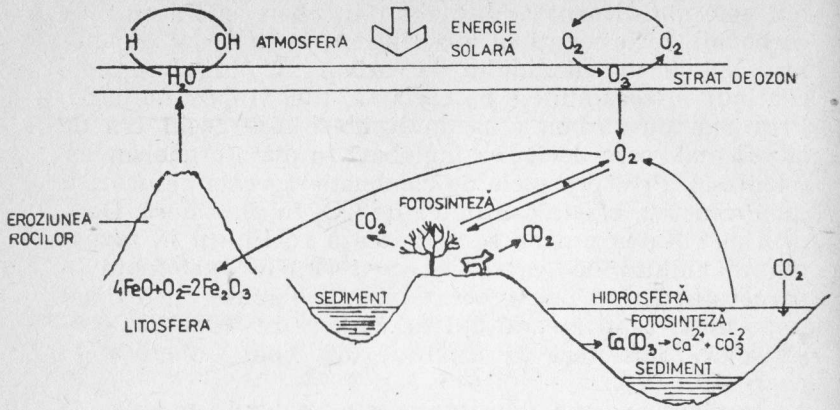


Fig. VII.1. Circulația oxigenului în litosferă, hidrosferă și atmosferă [54].

riza astfel fotosinteza. În prezența poluanților acizi la gurile de vărsare ale rîurilor în mare echilibrele se deplasează spre stînga eliberînd CO_2, și provocînd stingerea în masă a vieții marine.

Ciclul oxigenului în biosferă este strîns corelat cu circulația dioxidului de carbon și apei. Oxigenul este constituent al unei pătrimi din ansamblul compușilor biochimici, al majorității combinațiilor anorganice dar apare în natură și sub formă liberă ca atomi, molecule diatomice (O_2) și triatomice (O_3) (v. paragraful II.3). Ciclurile oxigenului în litosferă, hidrosferă și atmosferă sînt schițate în figura VII.1.

Ciclul azotului în biosferă este deosebit de important deoarece azotul este constituentul tuturor proteinelor, materiale de bază în construcția organismelor vii, deprivarea de azot fiind un indice al unui standard de viață scăzut.

Deși biosfera se învecinează cu o atmosferă unde moleculele diatomice de azot constituie 78%, această formă elementară de azot nu poate fi metabolizată de majoritatea organismelor. Pentru a se dezvolta, sintetizînd proteinele majoritatea organismelor iau azotul fixat dintr-un anumit compus. Azotul atmosferic este fixat sub formă de compuși numai de puține tipuri de microorganisme. Rădăcinile legumelor servesc ca gazdă pentru astfel de microorganisme. Hidrogenul poate fi fixat prin procesul de tip Haber:

$$N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$$

un proces complicat care se desfășoară în mai multe etape și necesită mari cantități de energie, asigurate prin respirația microorganismelor din sol sau a gazdelor lor, dacă ele trăiesc în simbioză cu rădăcinile legumelor. Într-un sol ușor acid are loc procesul:

$$NH_3 + H^+ \rightarrow NH_4^+$$

Ionul amoniu, absorbit de rădăcinile plantelor, este încorporat în aminoacizi și dacă plantele sînt consumate de animale, aceștia sînt utilizați pentru construcția țesuturilor lor. Cînd plantele și animalele mor, bacteriile descompun proteinele la aminoacizi și consecutiv alte microorganisme metabolizează aminoacizii la CO_2, H_2O și NH_3, convertesc amoniacul la azotit (NO_2^-) și azotitul la azotat (NO_3^-). Bacteriile denitrificante utilizează azotatul în procesele lor metabolice și redau ciclului molecule de azot. Cu variatele procese de fixare și denitrificare amintite, aflate într-un echilibru ecologic, distribuția azotului în natură este redată în figurile VII.2. În această figură cifrele din diversele rezervoare sînt exprimate în multipli de 10^9 tone, cele care arată transferul azotului de-a lungul săgeților — în multipli de 10^6 tone pe an [54]. După cum se poate vedea din această figură ciclul azotului este foarte vulnerabil la intervenția umană. O trăsătură a chimiei naturale a azotului este faptul că combinațiile în stări de valență superioare ale azotului sînt într-un procent scăzut, proporția hotărîtoare fiind reprezentată de azotul din aer (în stare de element, cu valența zero). În ființele vii, azotul intră în numeroase combinații complexe, dar nu în stări de valență superioare!

Compușii oxidici ai azotului sînt însă deversați, prin diversele procese tehnologice realizate de om, în mediu, cu viteză mare [6, 54]. Compușii azotului cu oxigenul se acumulează în depunerile sedimentare din lacuri. Cantitățile mari de azotați duc la „explozia verde" de alge, ce consumă rapid oxigenul dizolvat și în final determină colapsul ciclului natural de purificare al apelor.

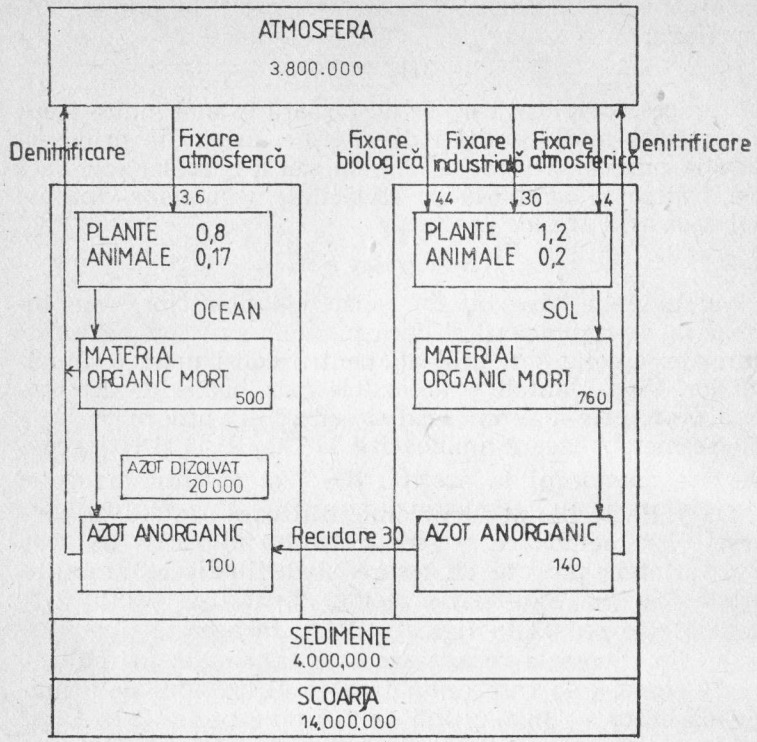


Fig. VII.2. Distribuția azotului în natură [54].

Ciclul sulfului și al fosforului. În afara celor patru elemente vitale, în biomasă se mai întîlnesc încă 11 elemente în cantități semnificative (calciul, potasiul, siliciul, magneziul, sulful, fosforul, clorul, fierul, manganul și sodiul). O importanță hotărîtoare în construcția țesuturilor revine sulfului și fosforului.

Sulful formează ușor doi compuși gazoși: hidrogen sulfurat, H_2S și dioxid de sulf, SO_2, și poate fi ciclat prin biosferă prin volatilizare din sol, sau din mare și transportat prin atmosferă. Cantități considerabile de H_2S sînt generate de microorganismele care trăiesc în noroiul de la fundul lacurilor eutrofizate. Cînd aceste gaze sînt eliberate în atmosferă sînt oxidate la SO_2 care ajunge la pămînt, dizolvat de ploi:

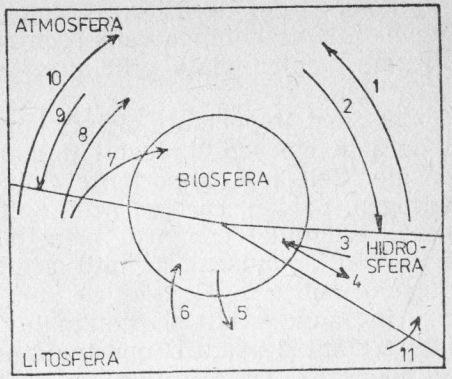


Fig. VII.3. Ciclul sulfului în biosferă: 1. Evaporarea de la suprafața mării. 2. Precipitare. 3. Sulf eliberat prin procese metabolice microbiene. 4. Descompunere, degradare. 5. Sulf transportat prin denitrificare. 6. Sulf transportat prin procese de fixare ale azotului. 7. SO_2 de la cuptoare. 8. SO_3 de la cuptoare. 9. Precipitare. 10. Aerosoli de la băile sulfuroase, fumuri vulcanice. 11. Transfer.

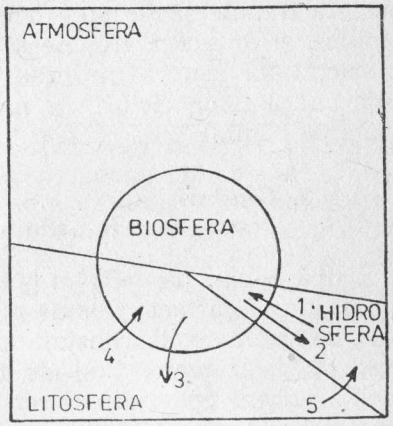


Fig. VII.4. Ciclul fosforului în natură [54]: 1. Organisme acvatice. 2. Descompunere, degradare. 3. Descompunere, degradare. 4. Organisme terestre. 5. Transfer.

$$2H_2S\,(g) + 3O_2\,(g) \rightarrow 2H_2O\,(g) + 2SO_2\,(g)$$
$$SO_2\,(g) + H_2O\,(l) \rightarrow H_2SO_3\,(aq)$$

Figura VII.3 ilustrează ciclul sulfului în biosferă [54].

Fosforul, spre deosebire de sulf, nu formează compuși în stare gazoasă în procesele naturale. Fosforul are ciclul natural reprezentat în figura VII.4. Acest ciclu prezintă particularitatea că nu există o cale naturală pentru transportul fosforului de la hidrosferă înapoi în litosferă, cu excepția munților care apar din mare.

În concluzie, „echilibrul ecologic este menținut prin cîteva procese chimice care recirculă elementele chimice esențiale pentru viață prin atmosferă, hidrosferă și litosferă“ [54].

Cele mai importante cicluri cuprind echilibre chimice și dacă aceste echilibre sînt deplasate ciclurile sînt perturbate. Cele mai importante cicluri cuprind elementele hidrogen, oxigen, carbon, azot, sulf și fosfor (cele 6 elemente esențiale) compușii principali fiind apa, dioxidul de carbon, amoniacul, azotații, azotiții, oxizii azotului, hidrogenul sulfurat, dioxidul de sulf, sărurile fosfatice, zaharurile, aminoacizii și proteinele. Aceste procese ciclice sînt corelate și perturbarea unuia are repercusiuni și asupra celorlalte. Dacă continuăm să dezvoltăm tehnologiile, aceasta trebuie să fie spre beneficiul (pe termen lung) al omului, și de aceea trebuie să studiem în mod continuu impactul lor asupra mediului, astfel ca să nu provocăm colapsul acestor cicluri în natură, fapt esențial pentru viața pe pămînt [54].

VII.2. Gînduri despre ceea ce avem de făcut

După ce am parcurs tot acest material privind poluarea și alterarea factorilor de mediu apar o serie de întrebări determinate de constatarea unei stări de lucruri nu prea îmbucurătoare. Ce-i de făcut? Sîntem noi pămîntenii asemeni celor din desenul alăturat, dușmanii propriei noastre specii, indivizi dotați cu o putere distructivă ce o depășește pe cea creatoare? Mai este vreo speranță?

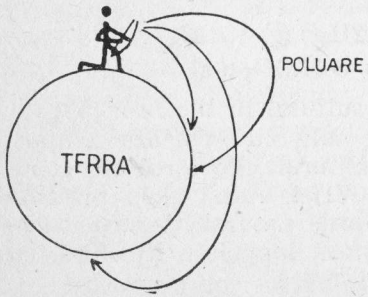


Fig. VII.5. Noi, împotriva noastră?

Sînt multe de făcut! Și tocmai în aceste acțiuni își are locul speranța.

Să începem cu educația celor mici, cu reeducarea celor mari. Să revizuim în primul rînd educația și procesul instructiv formativ al celor care nu vor lucra în domenii legate de știință ci, în domeniul economic, social, așadar — o reeducare a publicului larg. Este necesar ca aceia care fac această educație să lămurească acestor mari colectivități impactul actual al tehnicii și științei aplicate asupra mediului înconjurător. Prin ce fel de cunoștințe se va ajunge să elucidăm pe înțelesul tuturor această stare de lucruri îngrijorătoare? Prin cunoștințe de chimie. De ce?

Deși studiile asupra mediului înconjurător necesită corelarea noțiunilor de biologie, geologie și fizică, soluțiile la problemele poluării factorilor de mediu depind în mod hotărîtor de aplicații ale chimiei [54]. Doar prin intermediul conceptelor de chimie și în special de chimie fizică (o disciplină de graniță între chimie și fizică) ca viteze de reacție specifice, entalpie liberă, constante de echilibru, potențiale standard de reducere, orbitale moleculare etc., se poate înțelege și interveni în chimismul principalelor procese din mediul înconjurător [55]. Chiar din acest ultim capitol, în care s-a indicat „călcîiul lui Ahile“ în diversele cicluri ale elementelor fundamentale din mediu, reiese pregnant acest lucru.

Deoarece cel care cunoaște și înțelege cauzele unei anumite acțiuni se comportă diferit de cel neavizat, reiese marea importanță a interpretării proceselor din mediul înconjurător. Se consideră că acțiunea de interpretare a mediului înconjurător trebuie desfășurată de persoane competente la nivelul publicului larg[1]. Acesta poate fi astfel motivat pentru a proteja mediul într-un mod eficient și logic [56].

[1] Acest lucru se poate realiza prin organizarea unei serii de conferințe-dezbateri pe această temă, de larg interes la cămine culturale, la radio și televiziune, prin articole la rubricile permanent alocate acestei teme în cotidienele de mare tiraj; prin organizarea acțiunilor de bună gospodărire a spațiilor din jurul blocurilor și de întreținere a spațiilor verzi (adevărați „plămîni“ ai orașelor) etc.

Se pune întrebarea ce anume calități vom căuta să dezvoltăm în procesul instructiv-educativ (pe lîngă setul de cunoștințe de specialitate) destinat celor care vor lucra în cercetarea științifică, în proiectarea tehnologică, deci în domeniile de vîrf ale științei viitorului, avînd în vedere necesitatea de stăvilire a poluării? Trebuie dezvoltate gîndirea anticipativă, simțul selectiv al necesității, al responsabilității pentru alegerea căilor posibile de dezvoltare a societății, capacitatea de a interpreta tendința de evoluție a fenomenelor complexe din mediul înconjurător [52].

În acest sens și prezenta lucrare are ca scop de a contribui la informarea cititorului oferindu-i cunoștințele de chimie absolut necesare pentru înțelegerea stringentelor probleme actuale legate de mediul înconjurător și de a-l motiva pentru a contribui la rezolvarea acestor probleme. Pe de altă parte, luînd în considerare o reflecție asupra problemelor de structura atomului a lui Niels Bohr, adecvată și acestei teme: „Problemele sînt mai importante decît rezolvările. Rezolvările se pot învechi, dar problemele rămîn", important este faptul că, în totalitate, Pămîntenii să-și dea seama că nu pot fi dușmanii Terrei. Importantă este înțelegerea faptului că nu trebuie să stopăm procesele care constituie esența civilizației noastre, dar înțelegînd strînsa lor dependență de procesele naturale, să le modificăm de așa manieră încît să nu deplasăm echilibrele dinamice din natură.

CUPRINS

Prefață 5

Din partea autorilor 7

I. Unitatea om—mediu ambiant trebuie evaluată la scară planetară 9
I.1. Relația om—mediu ambiant de-a lungul istoriei 9
I.2. Poluarea avansată declanșează criza mediului ambiant 11
I.3. Cadrul juridic al luptei împotriva poluării 12

II. Aer respirabil — pentru cît timp? . . . 17
II.1. Poluanți chimici ai atmosferei . . . 19
II.1.1. Combustie și poluare 27
II.1.2. Poluarea industrială a aerului . 29
II.2. Poluanți radioactivi ai aerului . . . 37
II.3. Raportul O_2/CO_2 în aer și consecințele variației lui pe măsura acumulării CO_2 40
II.4. Metode de combatere a poluării aerului 44

III. Apa — mama vieții 52
III.1. Proprietățile de excepție ale apei . . 53
III.2. Cîtă apă avem pe Terra? 56
III.3. Poluanți în ape 58
III.4. Starea de poluare a rîurilor, lacurilor și oceanelor oglindită în exemple care dau de gîndit 61
III.5. Poluanți radioactivi în ape! 75
III.6. Combaterea poluării apelor. 76

IV. Mai avem ca suport Pămîntul! 94
IV.1. Reziduuri solide produse de civilizația urbanistică, industrială 94
IV.2. Poluarea și agricultura 96
IV.3. Reciclarea diferitelor tipuri de reziduuri solide 103
IV.4. Risc și securitate în problema deșeurilor radioactive 107
IV.5. Coroziunea utilajelor și legătura ei cu poluarea mediului 111

V. Poluarea altor factóri de mediu 135
V.1. Poluarea sonoră 135
V.2. Metode de combatere a poluării sonore 137

VI. Probleme economice — și nu numai economice — ale luptei contra poluării mediului 139

VII. Strategia complexă a luptei pentru calitatea mediului 146
VII.1. Să nu deplasăm echilibrele în procesele din mediul înconjurător! . . . 146
VII.2. Gînduri despre ceea ce avem de făcut 152

Bibliografie 155